



TESIS DOCTORAL

NUEVAS APLICACIONES MÓVILES PARA LA ENSEÑANZA DE LA MÚSICA. ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE MEJORA DE UNA APLICACIÓN MÓVIL DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA APRECIACIÓN DE LA FORMA MUSICAL.

Doctorando: José María Moruno Navarro

Directora: Dra. María del Mar Galera Núñez

Codirector: Dr. Pedro Román Graván

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Facultad de Ciencias de la Educación

Departamento de Didáctica de la Expresión Musical y Plástica

Programa de Doctorado: Artes visuales y educación, un enfoque construccionista.

SEVILLA 2017

Certificación de directores

Dra. D^a. María del Mar Galera Núñez

Dr. D. Pedro Román Graván

*A mi familia, en especial
a mis padres, hermano y novia.*

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que de una forma directa o indirecta han colaborado para realizar esta investigación, empezando por la persona que me animó a embarcarme en este reto: mi amiga Dra. Dña. Rosa Vives Almansa, continuando con mi primera directora de tesis Dra. Dña. Rosario Gutiérrez Cordero y mi tutor Juan Carlos Araño Gisbert y, finalmente, a mi directora de tesis Dra. Dña. María del Mar Galera Núñez y a mi codirector Dr. D. Pedro Román Graván, pues sin su entrega y dedicación respectivas, habría sido imposible terminar el trabajo.

Al profesorado y alumnado tanto de los institutos visitados como los pertenecientes a la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla, por colaborar altruistamente en esta investigación, cediendo horas de su tiempo para el uso de la aplicación estudiada y la realización de los cuestionarios.

Y a mi familia, novia y amigos, sin cuyo apoyo, paciencia y palabras de ánimo habría sido totalmente imposible llegar al final de este reto personal.

RESUMEN

La Realidad Aumentada es una tecnología cada vez más estudiada en los últimos años y progresivamente implementada en los centros educativos. De esta forma la Universidad de Sevilla ha elaborado, en el marco de una convocatoria de producción de recursos de Realidad Aumentada de 2015 de la propia universidad, una aplicación con dicha tecnología, llamada “El Elefante”, para la mejora en la apreciación de la forma y la lectura musical.

La investigación aquí realizada ha buscado estudiar por un lado, los conocimientos que tiene el alumnado de Institutos de Bachillerato y Universidad a cerca de la Realidad Aumentada, y por otro, si la aplicación anteriormente mencionada ha mejorado la apreciación de la forma y la lectura musical de sus usuarios. Adicionalmente, se ha estudiado tanto la calidad técnica como estética y pedagógica de la app con el fin de poder mejorarla en futuras versiones de la misma.

Para dicho estudio, se visitaron diversos centros educativos con Bachillerato de Artes y diversos grupos de estudiantes universitarios de la Facultad de Ciencias de la Educación, alcanzando una muestra total de 290 discentes. A todos ellos, se les pasó un Pretest para posteriormente usar la app de Realidad Aumentada y, finalmente, realizar un Posttest. El análisis de los datos se ha llevado a cabo fundamentalmente mediante una metodología cuantitativa basada en análisis descriptivos y el uso de hipótesis estudiadas mediante chi cuadrado, usando el programa IBM SPSS Statistics v.24.

Como resultado de la investigación, se ha podido comprobar que, en general, hay un amplio desconocimiento de la Realidad Aumentada por parte de nuestros estudiantes pero también unas elevadas expectativas en torno a esta tecnología. El uso de una aplicación como “El

Elefante” les ha motivado y a su vez les ha permitido apreciar un concepto complejo como es la forma musical de una partitura, aunque posiblemente al tener expectativas muy altas, muchos han afirmado esperar más de la aplicación.

Una vez analizadas las respuestas de los cuestionarios se constató que las valoraciones a nivel técnico y de diseño de la app han sido en general muy satisfactorias, destacando su facilidad de instalación y su calidad de audio. Con respecto a la calidad pedagógica, también se valora positivamente, y destacan la ayuda a nivel visual que supone la app para apreciar la forma y la lectura musical aunque les sigue resultado difícil definir el concepto de forma en música. Además, los estudiantes del Bachillerato de Artes han sido más exigentes con respecto a la calidad pedagógica que los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación. Cabe mencionar también que una de las principales limitaciones de la app es el hecho de contar tan solo con una partitura para su uso, por lo que muchos estudiantes han reclamado más partituras disponibles para poder usarlas con la aplicación.

A la vista de los resultados, se concluye que la Realidad Aumentada usada en aplicaciones didácticas tiene un gran poder motivador y supone una ayuda para apreciar conceptos complejos como lo son las formas musicales. Por tanto, se debe seguir investigando en este campo, mejorando las aplicaciones existentes, como la que ha sido objeto del estudio en esta tesis y creando otras nuevas tanto para la enseñanza musical como para el resto de materias.

Palabras claves: realidad aumentada, aplicaciones móviles, app, proceso enseñanza aprendizaje, educación, forma musical, lectura musical.

ABSTRACT

The Augmented Reality is a technology increasingly studied in recent years and progressively implemented at schools. In this way, the University of Seville has developed an application program with this technology, called "El Elefante", in the framework of a call for the production of Augmented Reality resources 2015 of the University itself, to improve the appreciation of form and musical reading.

The research carried out here has sought to study, on the one hand, the knowledge that the students of Baccalaureate at High Schools and at University have related to the Augmented Reality; and on the other hand, if the above mentioned app has improved the users' appreciation of the form and the musical reading. Additionally, the technical, aesthetic and pedagogical quality of the application has been studied in order to be able to improve it in future versions of the same.

For this study, various educational centres were visited with Baccalaureate of Arts and various groups of university students of the Faculty of Education Sciences, reaching a total sample of 290 students. To all of them, they were passed a Pretest to later use the app of RA and, finally, to make a Posttest. The analysis of the data was carried out mainly through a quantitative methodology based on descriptive analysis and the use of hypotheses studied using chi-squared test, using the program IBM SPSS Statistics v.24.

As a result of the research, it has been verified that, in general, there is a wide ignorance of the Augmented Reality on the part of our students, but also great expectations with respect to

this technology. The use of an app such as "The Elephant" has motivated the students and has allowed them to appreciate a complex concept like the musical form of a score. In addition, many students have claimed to expect more from the application possibly because they had very high expectations.

After analyzing the answers of the questionnaires, it was verified that the technical and design evaluation of the app have been very satisfactory in general, emphasizing its ease of installation and its audio quality. The students have positively valued the pedagogical quality. They emphasize the help that the app supposes at visual level to appreciate the form and the musical reading, although it is still difficult for them to define the concept of form in music. In addition, students of the Baccalaureate of Arts have been more demanding with respect to the pedagogical quality than the students of the Faculty of Education Sciences. It is also necessary to add that one of the main limitations of the application is the fact of having only a score for its use, reason why many students have claimed more scores available to be able to use them with the application.

In view of the results, it is concluded that the Augmented Reality used in didactic applications has a great motivating power and it is an aid to appreciate complex concepts such as musical forms. Therefore, it is necessary to continue researching in this field, improving existing applications, such as the one that has been the subject of study in this thesis and creating new ones for both music teaching as well as other subjects.

Keywords: Augmented Reality, application programs, app, teaching learning process, education, musical form, musical reading.

ÍNDICE

Nota aclaratoria

Para la redacción de esta tesis se ha hecho uso de términos como alumnado, estudiante, discente, docente y profesorado para referirnos a alumno-alumna, profesor-profesora. Se ha rechazado la opción de usar los dos sexos en la mayoría de los casos, con el fin de agilizar la lectura de la tesis, siguiendo las normas de la Real Academia de la Lengua Española.

Añadir, además, que se han usado normas A.P.A. (American Psychological Association) 6ª edición, para la redacción y las citas utilizadas en la tesis.

**PRIMERA PARTE:
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

| | |
|---|----|
| 1. Introducción y planteamiento del problema | 25 |
| 2. Marco teórico | 29 |
| 2.1 La memoria: la forma y la lectura musical..... | 29 |
| 2.2 Tabletas y móviles en la enseñanza | 34 |
| 2.3 Realidad Aumentada | 37 |
| 2.3.1 Concepto y dispositivos de RA y RV en el ámbito educativo | 37 |
| 2.3.2 Beneficios y limitaciones educativas de la RA | 55 |
| 2.3.3 Herramientas para crear contenidos educativos en RA..... | 55 |
| 2.3.4 Uso de la RA en educación musical..... | 74 |
| 3. Formulación del problema | 91 |
| 4. Objetivos de la investigación | 95 |
| 5. Hipótesis de la investigación | 98 |

**SEGUNDA PARTE:
TRABAJO EMPÍRICO**

| | |
|---|-----|
| 6. Marco metodológico | 107 |
| 6.1 Diseño de investigación: enfoque metodológico | 107 |
| 6.2. Muestreo..... | 109 |
| 6.2.1 Sujetos de la facultad de Ciencias de las Educación | 108 |

| | |
|--|-----|
| 6.2.2 Sujetos de Bachillerato de Artes de institutos de Sevilla | 109 |
| 6.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 112 |
| 6.3.1 Estructura y contenido de los cuestionarios | 113 |
| 6.3.2 Validación y fiabilidad de los cuestionarios | 118 |
| 6.3.3 Procedimiento: aplicación de los cuestionarios | 149 |
| 6.4. Técnicas de análisis | 154 |
| 7. Resultados de la investigación | 157 |
| 7.1 Análisis cuantitativos. | 157 |
| 7.1.1 Análisis descriptivo del apartado A de los cuestionarios: datos previos..... | 157 |
| 7.1.2 Análisis descriptivo y comparativa del apartado B de los cuestionarios | |
| Pretest y Posttest: Conocimientos y expectativas sobre la Realidad Aumentada. | 160 |
| 7.1.3 Análisis descriptivo del apartado C del cuestionario: Evaluación de los | |
| aspectos técnicos y estéticos de la aplicación de RA | 177 |
| 7.1.4 Análisis descriptivo del apartado D del cuestionario: Calidad pedagógica de | |
| los contenidos y materiales ofrecidos..... | 186 |
| 7.1.5 Análisis de las hipótesis | 195 |
| 7.1.5.1 Hipótesis relacionadas con los conocimientos y expectativas sobre | |
| la Realidad Aumentada. | 198 |
| 7.1.5.2 Hipótesis relacionadas con las expectativas de los usuarios a la | |
| hora de apreciar la forma y seguir la lectura musical gracias a la aplicación | |
| de RA “El Elefante”. | 206 |
| 7.1.5.3 Hipótesis relacionadas con la calidad pedagógica, técnica y estética | |
| de la aplicación de RA “El Elefante” | 216 |

| | |
|--|-----|
| 7.2 Análisis cualitativo de las observaciones. | 240 |
| 8. Conclusiones | 243 |
| 9. Implicaciones | 250 |
| 10. Limitaciones y propuestas de investigación | 252 |
| 11. Bibliografía | 254 |
| Anexos | 264 |
| • Anexo 1: Cuestionarios validados | 265 |
| ○ Pretest | 265 |
| ○ Posttest | 270 |
| • Anexo 2: Cuestionarios de validación | 278 |
| ○ Cuestionario de validación del Pretest..... | 278 |
| ○ Cuestionario de validación del Posttest | 289 |
| • Anexo 3: Observaciones de los cuestionarios | 302 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| • Tabla 2.3.2.1 Estudios de evaluación del rendimiento del alumnado. | 60 |
| • Tabla 2.3.2.2 Los retos en el uso de la RA en educación. | 64 |
| • Tabla 6.3.2.1 Obtención del “Coeficiente de conocimiento” (Kc)..... | 122 |
| • Tabla 6.3.2.2 Valoración de las fuentes de argumentación para la obtención del “Coeficiente de argumentación” (Ka)..... | 123 |
| • Tabla 6.3.2.3 Tabla resumen para el cálculo del coeficiente experto (K) | 129 |
| • Tabla 6.3.2.4 Nivel de experto..... | 130 |
| • Tabla 6.3.2.5 Opinión de los expertos sobre el Pretest..... | 141 |
| • Tabla 6.3.2.6 Opinión de los expertos sobre el Postest | 142 |
| • Tabla 6.3.2.7 Interpretación del Coeficiente Alfa de Cronbach | 144 |
| • Tabla 6.3.2.8 Resumen de procesamiento de casos | 144 |
| • Tabla 6.3.2.9 Estadísticas de fiabilidad | 145 |
| • Tabla 6.3.2.10 Estadísticas de total de elemento | 145 |
| • Tabla 6.3.2.11 Resumen de procesamiento de casos | 146 |
| • Tabla 6.3.2.12 Estadísticas de fiabilidad | 147 |
| • Tabla 6.3.2.13 Estadísticas de total de elemento | 147 |
| • Tabla 6.4.1 Asignación de valores..... | 154 |
| • Tabla 7.1.1.1 Distribución de frecuencia del sexo de los estudiantes. | 158 |
| • Tabla 7.1.2.1 Distribución de frecuencia del ítem “Grado de conocimiento de la RA” . | 161 |
| • Tabla 7.1.2.2 Estadísticos descriptivos del ítem “Grado de conocimiento de la RA” | 162 |
| • Tabla 7.1.2.3 Distribución de frecuencia del ítem “Grado de interacción o experimentación con experiencias en donde se haya utilizado la RA”. | 163 |
| • Tabla 7.1.2.4 Estadísticos descriptivos del ítem “Grado de interacción o experimentación con experiencias en donde se haya utilizado la RA” | 164 |
| • Tabla 7.1.2.5 Distribución de frecuencia del ítem “Utilizando aplicaciones de RA aumentaría mi motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras”. | 165 |
| • Tabla 7.1.2.6 Estadísticos descriptivos del ítem “Utilizando aplicaciones de RA aumentaría mi motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras” | 166 |
| • Tabla 7.1.2.7 Distribución de frecuencia del ítem “Participando en actividades académicas en donde se utilice RA aumentaría mi interés por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras”. | 167 |
| • Tabla 7.1.2.8 Estadísticos descriptivos del ítem “Participando en actividades académicas en donde se utilice RA aumentaría mi interés por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras” | 168 |
| • Tabla 7.1.2.9 Distribución de frecuencia del ítem “Si utilizase aplicaciones de RA aumentarían mis ganas de participar en las actividades de clase”. | 169 |

| | |
|---|-----|
| • Tabla 7.1.2.10 Estadísticos descriptivos del ítem “Si utilizase aplicaciones de RA aumentarían mis ganas de participar en las actividades de clase” | 170 |
| • Tabla 7.1.2.11 Distribución de frecuencia del ítem “La interacción con aplicaciones de RA fomentaría mi relación con otros compañeros y el trabajo colaborativo, ayudándome a comprender mejor los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura musical” | 171 |
| • Tabla 7.1.2.12 Estadísticos descriptivos del ítem “La interacción con aplicaciones de RA fomentaría mi relación con otros compañeros y el trabajo colaborativo, ayudándome a comprender mejor los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura musical” | 172 |
| • Tabla 7.1.2.13 Distribución de frecuencia del ítem “Utilizando aplicaciones relacionadas con la RA me ayudaría a saber cómo he de analizar una pieza musical en un futuro y qué aspectos he de tener en cuenta para esto” | 173 |
| • Tabla 7.1.2.14 Estadísticos descriptivos del ítem “Utilizando aplicaciones relacionadas con la RA me ayudaría a saber cómo he de analizar una pieza musical en un futuro y qué aspectos he de tener en cuenta para esto” | 174 |
| • Tabla 7.1.2.15 Distribución de frecuencia del ítem “Estima tu grado de disposición para aprender a diseñar y producir materiales con RA” | 175 |
| • Tabla 7.1.2.16 Estadísticos descriptivos del ítem “Estima tu grado de disposición para aprender a diseñar y producir materiales con RA” | 176 |
| • Tabla 7.1.3.1 Distribución de frecuencia del ítem “¿Qué dispositivo has utilizado para interactuar con la aplicación de RA?” | 177 |
| • Tabla 7.1.3.2 Estadísticos descriptivos del ítem “¿Qué dispositivo has utilizado para interactuar con la aplicación de RA?” | 178 |
| • Tabla 7.1.3.3 Distribución de frecuencia del ítem “La instalación de la aplicación en el dispositivo (teléfono móvil o tablet) ha sido fácil y cómoda” | 178 |
| • Tabla 7.1.3.4 Estadísticos descriptivos del ítem “La instalación de la aplicación en el dispositivo (teléfono móvil o tablet) ha sido fácil y cómoda” | 179 |
| • Tabla 7.1.3.5 Distribución de frecuencia del ítem “La aplicación funciona correctamente” | 180 |
| • Tabla 7.1.3.6 Estadísticos descriptivos del ítem “La aplicación funciona correctamente” | 181 |
| • Tabla 7.1.3.7 Distribución de frecuencia del ítem “En general, la calidad de los recursos visuales (tamaño de los gráficos, textos, animaciones) es apropiada” | 181 |
| • Tabla 7.1.3.8 Estadísticos descriptivos del ítem “En general, la calidad de los recursos visuales (tamaño de los gráficos, textos, animaciones) es apropiada” | 182 |
| • Tabla 7.1.3.9 Distribución de frecuencia del ítem “En general, la calidad del audio la calificaría de adecuada” | 183 |
| • Tabla 7.1.3.10 Estadísticos descriptivos del ítem “En general, la calidad del audio la calificaría de adecuada” | 184 |
| • Tabla 7.1.3.11 Distribución de frecuencia del ítem “En general, la estética de la aplicación podría considerarse apropiada” | 184 |
| • Tabla 7.1.3.12 Estadísticos descriptivos del ítem “En general, la estética de la aplicación podría considerarse apropiada” | 185 |

| | |
|---|-----|
| • Tabla 7.1.4.1 Distribución de frecuencia del ítem “La app me ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza” | 186 |
| • Tabla 7.1.4.2 Estadísticos descriptivos del ítem “La app me ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza” | 187 |
| • Tabla 7.1.4.3 Distribución de frecuencia del ítem “Utilizando la app he comprendido la relación entre lo que sonaba y su correspondencia en la partitura” | 188 |
| • Tabla 7.1.4.4 Estadísticos descriptivos del ítem “Utilizando la app he comprendido la relación entre lo que sonaba y su correspondencia en la partitura” | 189 |
| • Tabla 7.1.4.5 Distribución de frecuencia del ítem “Después de utilizar la app sé definir mejor qué es una forma musical” | 189 |
| • Tabla 7.1.4.6 Estadísticos descriptivos del ítem “Después de utilizar la app sé definir mejor qué es una forma musical” | 190 |
| • Tabla 7.1.4.7 Distribución de frecuencia del ítem “La app me ha resultado útil a la hora de identificar la forma o estructura de la pieza | 191 |
| • Tabla 7.1.4.8 Estadísticos descriptivos del ítem “La app me ha resultado útil a la hora de identificar la forma o estructura de la pieza” | 192 |
| • Tabla 7.1.4.9 Distribución de frecuencia del ítem “La utilización de este tipo de medios para el aprendizaje de la forma musical, me resulta muy motivador” | 192 |
| • Tabla 7.1.4.10 Estadísticos descriptivos del ítem “La utilización de este tipo de medios para el aprendizaje de la forma musical, me resulta muy motivador” | 193 |
| • Tabla 7.1.4.11 Distribución de frecuencia del ítem “La utilización de este tipo de medios para comprender la relación entre lo que suena y la partitura, me resulta muy motivador” | 194 |
| • Tabla 7.1.4.12 Estadísticos descriptivos del ítem “La utilización de este tipo de medios para comprender la relación entre lo que suena y la partitura, me resulta muy motivador” | 195 |
| • Tabla 7.1.5.1.1 Grado de conocimiento sobre lo que es la RA. Género | 199 |
| • Tabla 7.1.5.1.2 Pruebas de chi-cuadrado entre grado de conocimiento sobre lo que es la RA y género | 199 |
| • Tabla 7.1.5.1.3 Resumen de procesamiento de casos. Año de nacimiento. Conocimiento de RA | 201 |
| • Tabla 7.1.5.1.4 Grado de conocimiento sobre lo que es la RA. Año de nacimiento | 201 |
| • Tabla 7.1.5.1.5 Pruebas de chi-cuadrado. Año de nacimiento. Conocimiento de RA | 202 |
| • Tabla 7.1.5.1.6 Grado de conocimiento sobre lo que es la RA. Nivel de estudios | 203 |
| • Tabla 7.1.5.1.7 Pruebas de chi-cuadrado entre grado de conocimiento sobre lo que es la RA y el nivel de estudios | 203 |
| • Tabla 7.1.5.1.8 Grado de conocimiento sobre lo que es la RA. Dispositivo utilizado | 205 |
| • Tabla 7.1.5.1.9 Pruebas de chi-cuadrado entre grado de conocimiento sobre lo que es la RA y el dispositivo utilizado | 205 |
| • Tabla 7.1.5.2.1 Género. Utilizando aplicaciones de RA ha aumentado mi motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras | 207 |
| • Tabla 7.1.5.2.2 Pruebas de chi-cuadrado. Género. Utilizando aplicaciones de RA ha aumentado mi motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras | 207 |

| | |
|--|-----|
| • Tabla 7.1.5.2.3 Resumen de procesamiento de casos. Año de nacimiento. Aumento de la motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras. | 209 |
| • Tabla 7.1.5.2.4 Año de nacimiento. Utilizando aplicaciones de RA ha aumentado mi motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras. | 210 |
| • Tabla 7.1.5.2.5 Pruebas de chi-cuadrado. Año de nacimiento. Utilizando aplicaciones de RA ha aumentado mi motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras. | 210 |
| • Tabla 7.1.5.2.6 Centro Educativo. Aumento de la motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras tras el uso de aplicaciones de RA. | 212 |
| • Tabla 7.1.5.2.7 Pruebas de chi-cuadrado. Centro Educativo. Aumento de la motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras tras el uso de aplicaciones de RA. | 212 |
| • Tabla 7.1.5.2.8 Dispositivo utilizado. Aumento de la motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras tras el uso de aplicaciones de RA. | 214 |
| • Tabla 7.1.5.2.9 Pruebas de chi-cuadrado. Dispositivo utilizado. Aumento de la motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras tras el uso de aplicaciones de RA. | 214 |
| • Tabla 7.1.5.3.1 Género. La app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 217 |
| • Tabla 7.1.5.3.2 Pruebas de chi-cuadrado. Género. La app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 217 |
| • Tabla 7.1.5.3.3 Resumen de procesamiento de casos. Año de nacimiento. La app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 219 |
| • Tabla 7.1.5.3.4 Año de nacimiento. La app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 219 |
| • Tabla 7.1.5.3.5 Pruebas de chi-cuadrado. Año de nacimiento. La app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 220 |
| • Tabla 7.1.5.3.6 Centro educativo. La app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 221 |
| • Tabla 7.1.5.3.7 Pruebas de chi-cuadrado. Centro educativo. La app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 221 |
| • Tabla 7.1.5.3.8 Dispositivo utilizado. La app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 223 |
| • Tabla 7.1.5.3.9 Pruebas de chi-cuadrado. Dispositivo utilizado. La app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 223 |
| • Tabla 7.1.5.3.10 Género. La aplicación funciona correctamente. | 225 |
| • Tabla 7.1.5.3.11 Pruebas de chi-cuadrado. Género. La aplicación funciona correctamente. | 225 |
| • Tabla 7.1.5.3.12 Resumen de procesamiento de casos. Año de nacimiento. La aplicación funciona correctamente. | 227 |

| | |
|---|-----|
| • Tabla 7.1.5.3.13 Año de nacimiento. La aplicación funciona correctamente. | 227 |
| • Tabla 7.1.5.3.14 Pruebas de chi-cuadrado. Año de nacimiento. La aplicación funciona correctamente. | 228 |
| • Tabla 7.1.5.3.15 Centro educativo. La aplicación funciona correctamente. | 229 |
| • Tabla 7.1.5.3.16 Pruebas de chi-cuadrado. Centro educativo. La aplicación funciona correctamente. | 229 |
| • Tabla 7.1.5.3.17 Dispositivo utilizado. La aplicación funciona correctamente. | 231 |
| • Tabla 7.1.5.3.18 Pruebas de chi-cuadrado. Dispositivo utilizado. La aplicación funciona correctamente. | 231 |
| • Tabla 7.1.5.3.19 Género. La estética de la aplicación podría considerarse apropiada. | 233 |
| • Tabla 7.1.5.3.20 Pruebas de chi-cuadrado. Género. La estética de la aplicación podría considerarse apropiada. | 233 |
| • Tabla 7.1.5.3.21 Resumen de procesamiento de casos. Año de nacimiento. La estética de la aplicación podría considerarse apropiada. | 235 |
| • Tabla 7.1.5.3.22 Año de nacimiento. La estética de la aplicación podría considerarse apropiada. | 235 |
| • Tabla 7.1.5.3.23 Pruebas de chi-cuadrado. Año de nacimiento. La estética de la aplicación podría considerarse apropiada. | 236 |
| • Tabla 7.1.5.3.24 Centro educativo. La estética de la aplicación podría considerarse apropiada. | 237 |
| • Tabla 7.1.5.3.25 Pruebas de chi-cuadrado. Centro educativo. La estética de la aplicación podría considerarse apropiada. | 237 |
| • Tabla 7.1.5.3.26 Dispositivo utilizado. Valoración estética de la aplicación. | 239 |
| • Tabla 7.1.5.3.27 Pruebas de chi-cuadrado. Dispositivo utilizado. Valoración estética de la aplicación. | 239 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| • Figura 1.1 Captura de pantalla de la App de RA "El Elefante" | 27 |
| • Figura 2.3.1.1 Continuum entre realidad y virtualidad. | 39 |
| • Figura 2.3.1.2 Nivel 0 de RA con un código QR..... | 40 |
| • Figura 2.3.1.3 Nivel 1 de RA con un patrón visual hecho ad-hoc..... | 41 |
| • Figura 2.3.1.4 Nivel 2 de RA con una imagen en 2D..... | 41 |
| • Figura 2.3.1.5 Nivel 3 de RA con un objeto real | 42 |
| • Figura 2.3.1.6 Nivel 4 de RA con GPS..... | 42 |
| • Figura 2.3.1.7 Capturas de pantalla de la app "Expediciones" de Google | 44 |
| • Figura 2.3.1.8 Captura de pantalla de la app "Expediciones" en modo Cardboard..... | 45 |
| • Figura 2.3.1.9 Cardboard de Google. Vista lateral | 45 |
| • Figura 2.3.1.10 Cardboard de Google. Vista frontal..... | 46 |
| • Figura 2.3.1.11 Google Glass. Vista frontal | 50 |

| | |
|--|-----|
| • Figura 2.3.1.12 Microsoft HoloLens. Vista trasera. | 51 |
| • Figura 2.3.1.13 Gafas de RA Moverio BT-300 de Epson | 52 |
| • Figura 2.3.1.14 Adaptador de RA para gafas Vufine+ | 52 |
| • Figura 2.3.1.15 Gafas de RA Meta 2 | 53 |
| • Figura 2.3.1.16 Proyecto Tango de Google | 54 |
| • Figura 2.3.2.1 Captura de pantalla de Curiscope. | 56 |
| • Figura 2.3.3.1 Captura de pantalla de Aumentaty Author | 67 |
| • Figura 2.3.3.2 Captura de pantalla de Layar. | 69 |
| • Figura 2.3.3.3 Captura de pantalla de Aurasma. | 70 |
| • Figura 2.3.3.4 Captura de pantalla de ARcrowd. | 71 |
| • Figura 2.3.3.5 Captura de pantalla de Augment. | 72 |
| • Figura 2.3.3.6 Web del proyecto RAUS. | 73 |
| • Figura 2.3.4.1 Guitarra con mano y acordes en RA. | 77 |
| • Figura 2.3.4.2 GenVirtual usado en un paciente con distrofia muscular de Duchenne. ... | 78 |
| • Figura 2.3.4.3 Sistema de percusión con RA. | 83 |
| • Figura 2.3.4.4 Uso de colores. | 83 |
| • Figura 2.3.4.4 Piano con RA. | 84 |
| • Figura 2.3.4.5 Resultado del juego que se muestra al usuario. | 84 |
| • Figura 2.3.4.6 Aprendizaje con un piano en RA. | 86 |
| • Figura 2.3.4.7 Aprendizaje de la flauta usando códigos QR. | 87 |
| • Figura 6.1.1 Estructura de la investigación..... | 107 |
| • Figura 6.3.3.1 Captura de pantalla del blog “Música en el Sur” | 150 |
| • Figura 6.3.3.2 Captura de pantalla del Pretest | 151 |
| • Figura 6.3.3.3 Captura de pantalla de Google Play | 152 |
| • Figura 6.3.3.4 Captura de pantalla de App Store de Apple | 152 |
| • Figura 6.3.3.5 Captura de pantalla del Postest..... | 153 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|-----|
| • Cuadro 3.1 Dimensiones y variables usadas en el estudio. | 94 |
| • Cuadro 6.2.1.1 Estudiantes de magisterio seleccionados para la muestra. | 109 |
| • Cuadro 6.2.2.1 Centros educativos seleccionados para la muestra. | 111 |
| • Cuadro 6.3.1.1 Estructura de los cuestionarios..... | 114 |
| • Cuadro 6.3.2.1 Email enviado para la validación de expertos..... | 119 |
| • Cuadro 7.1.1.1 Relación de pretest y postest completados. | 158 |
| • Cuadro 7.1.5.1. Ítems elegidos para usar en las pruebas de hipótesis. | 198 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| • Gráfico 2.3.1.1 Distribución de los dispositivos usado en RA | 46 |
| • Gráfico 2.3.2.1 Publicaciones de ARLE hasta Junio de 2012. | 59 |
| • Gráfico 2.3.2.2 Publicaciones de RA y educación. | 62 |
| • Gráfico 2.3.2.3 Uso de dispositivos de RA. | 63 |
| • Gráfico 6.2.2.1 Alumnado de la muestra según el género | 110 |
| • Gráfico 6.2.2.2 Alumnado de la muestra según su edad..... | 110 |
| • Gráfico 6.3.2.1 Conocimiento de los expertos..... | 121 |
| • Gráfico 6.3.2.2 Grado de conocimiento en base al análisis de documentos teóricos | 124 |
| • Gráfico 6.3.2.3 Grado de conocimiento en base a su experiencia como docente y/o investigador. | 124 |
| • Gráfico 6.3.2.4 Grado de conocimiento en base a la consulta de trabajos relacionados con la forma musical realizados por autores españoles | 125 |
| • Gráfico 6.3.2.5 Grado de conocimiento mediante la consulta de trabajos realizados por autores internacionales..... | 126 |
| • Gráfico 6.3.2.6 Grado de conocimiento del estado de la cuestión a nivel internacional | 127 |
| • Gráfico 6.3.2.7 Grado de conocimiento en base a su propia intuición personal..... | 127 |
| • Gráfico 6.3.2.8 Titulaciones de los expertos..... | 131 |
| • Gráfico 6.3.2.9 Experiencia docente de los expertos..... | 131 |
| • Gráfico 6.3.2.10 Lugar de trabajo de los expertos..... | 132 |
| • Gráfico 6.3.2.11 Evaluación del número de preguntas del Pretest..... | 133 |
| • Gráfico 6.3.2.12 Evaluación de la semántica del Pretest..... | 134 |
| • Gráfico 6.3.2.13 Evaluación del orden de las preguntas del Pretest..... | 134 |
| • Gráfico 6.3.2.14 La tipología de las preguntas del Pretest | 135 |
| • Gráfico 6.3.2.15 Fases en las que está estructurado el Pretest..... | 136 |
| • Gráfico 6.3.2.16 Posibilidad de eliminar alguna pregunta del Pretest..... | 136 |
| • Gráfico 6.3.2.17 Evaluación del número de preguntas del Postest..... | 137 |
| • Gráfico 6.3.2.18 Evaluación de la semántica del Postest | 138 |
| • Gráfico 6.3.2.19 Evaluación del orden de las preguntas del Postest | 139 |
| • Gráfico 6.3.2.20 La tipología de las preguntas del Postest..... | 139 |
| • Gráfico 6.3.2.21 Fases en las que está estructurado el Postest | 140 |
| • Gráfico 6.3.2.22 Posibilidad de eliminar alguna pregunta del Postest | 141 |
| • Gráfico 7.1.1.1 Distribución de frecuencia del sexo de los estudiantes. | 159 |
| • Gráfico 7.1.1.2 Año de nacimiento de los estudiantes de la muestra. | 159 |
| • Gráfico 7.1.2.1 Grado de conocimiento de la RA (Pretest en verde y Postest en azul). .. | 161 |
| • Gráfico 7.1.2.2 Grado de interacción o experimentación con experiencias en donde se haya utilizado la RA (Pretest en verde y Postest en azul). | 163 |

| | |
|---|-----|
| • Gráfico 7.1.2.3 Utilizando aplicaciones de RA aumentaría mi motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras (Pretest en verde y Postest en azul). | 165 |
| • Gráfico 7.1.2.4 Participando en actividades académicas en donde se utilice RA aumentaría mi interés por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras (Pretest en verde y Postest en azul). | 167 |
| • Gráfico 7.1.2.5 Si utilizase aplicaciones de RA aumentarían mis ganas de participar en las actividades de clase (Pretest en verde y Postest en azul). | 169 |
| • Gráfico 7.1.2.6 La interacción con aplicaciones de RA fomentaría mi relación con otros compañeros y el trabajo colaborativo, ayudándome a comprender mejor los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura musical. | 171 |
| • Gráfico 7.1.2.7 Utilizando aplicaciones relacionadas con la RA me ayudaría a saber cómo he de analizar una pieza musical en un futuro y qué aspectos he de tener en cuenta para esto (Pretest en verde y Postest en azul). | 173 |
| • Gráfico 7.1.2.8 Estima tu grado de disposición para aprender a diseñar y producir materiales con RA (Pretest en verde y Postest en azul). | 175 |
| • Gráfico 7.1.3.1 Dispositivo utilizado para interactuar con la aplicación de RA. | 177 |
| • Gráfico 7.1.3.2 La instalación de la aplicación en el dispositivo (teléfono móvil o tablet) ha sido fácil y cómoda. | 179 |
| • Gráfico 7.1.3.3 La aplicación funciona correctamente | 180 |
| • Gráfico 7.1.3.4 La calidad de los recursos visuales (tamaño de los gráficos, textos, animaciones) es apropiada. | 182 |
| • Gráfico 7.1.3.5 La calidad del audio es adecuada. | 183 |
| • Gráfico 7.1.3.6 La estética de la aplicación es apropiada. | 185 |
| • Gráfico 7.1.4.1 La app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 187 |
| • Gráfico 7.1.4.2 Utilizando la app han comprendido la relación entre lo que sonaba y su correspondencia en la partitura. | 188 |
| • Gráfico 7.1.4.3 Después de utilizar la app saben definir mejor qué es una forma musical. | 190 |
| • Gráfico 7.1.4.4 La app ha resultado útil a la hora de identificar la forma o estructura de la pieza. | 191 |
| • Gráfico 7.1.4.5 La utilización de este tipo de medios para el aprendizaje de la forma musical, me resulta muy motivador. | 193 |
| • Gráfico 7.1.4.6 La utilización de este tipo de medios para comprender la relación entre lo que suena y la partitura, me resulta muy motivador. | 194 |
| • Gráfico 7.1.5.1.1 Relación entre el grado de conocimiento en RA y el género de los participantes en el Postest. | 200 |
| • Gráfico 7.1.5.1.2 Relación entre el grado de conocimiento en RA y año de nacimiento | 202 |
| • Gráfico 7.1.5.1.3 Relación entre el grado de conocimiento en RA y el nivel educativo. | 204 |
| • Gráfico 7.1.5.1.4 Relación entre el grado de conocimiento en RA y el dispositivo utilizado. | 206 |

| | |
|---|-----|
| • Gráfico 7.1.5.2.1 Relación entre el género y como utilizando aplicaciones de RA ha aumentado la motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras. | 208 |
| • Gráfico 7.1.5.2.2 Relación entre año de nacimiento y aumento de la motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras. | 211 |
| • Gráfico 7.1.5.2.3 Relación entre centro educativo y el aumento de la motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras tras el uso de aplicaciones de RA. | 213 |
| • Gráfico 7.1.5.2.4 Relación entre el dispositivo utilizado y el aumento de la motivación por los contenidos relacionados con la forma musical y la lectura de partituras tras el uso de aplicaciones de RA. | 215 |
| • Gráfico 7.1.5.3.1 Relación entre género y como la app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 218 |
| • Gráfico 7.1.5.3.2 Relación entre el año de nacimiento y como la app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 220 |
| • Gráfico 7.1.5.3.3 Relación entre el centro educativo y como la app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 222 |
| • Gráfico 7.1.5.3.4 Relación entre el dispositivo utilizado y como la app ha ayudado a identificar las distintas partes de que se compone la pieza. | 224 |
| • Gráfico 7.1.5.3.5 Relación entre el género y el correcto funcionamiento de la aplicación. | 226 |
| • Gráfico 7.1.5.3.6 Relación entre el año de nacimiento y el correcto funcionamiento de la aplicación. | 228 |
| • Gráfico 7.1.5.3.7 Relación entre el nivel educativo y el correcto funcionamiento de la aplicación. | 230 |
| • Gráfico 7.1.5.3.8 Relación entre el dispositivo utilizado y el correcto funcionamiento de la aplicación. | 232 |
| • Gráfico 7.1.5.3.9 Relación entre el género y la valoración de la estética de la aplicación. | 234 |
| • Gráfico 7.1.5.3.10 Relación entre el año de nacimiento y la valoración de la estética de la aplicación. | 236 |
| • Gráfico 7.1.5.3.11 Relación entre el nivel educativo y la valoración de la estética de la aplicación. | 238 |
| • Gráfico 7.1.5.3.12 Relación entre y la valoración de la estética de la aplicación. | 240 |

1. Introducción y planteamiento del problema

Durante la creación de centros TIC la Consejería ha invertido mucho en recursos materiales (ordenadores, pizarras digitales, tabletas, portátiles, etc.) pero a día de hoy los recursos son poco utilizados (A.A.Evaluación, Septiembre 2014), y eso debe hacer reflexionar sobre los motivos para así, poder encontrar soluciones que ayuden a utilizar más y mejor las nuevas tecnologías.

Es necesario analizar, seleccionar y crear aplicaciones para poder usar los nuevos dispositivos, las tabletas y móviles de la manera más eficaz posible. “Los medios, cualquiera de ellos, por sí solos no cambian ni transforman la enseñanza, y menos aún si no se hace en relación con el resto de componentes” (Cabero Almenara, 2016).

Por otro lado, vemos cómo cada vez más el alumnado de secundaria va a sus centros con sus móviles e incluso tabletas, pero no solo no los usan con fines educativos, sino para todo lo contrario. Cada vez más los móviles son una realidad en la vida diaria del aula y son también una fuente de problemas en vez de una fuente de recursos y soluciones educativas. Los dispositivos inteligentes han entrado en las aulas y se necesitan herramientas pedagógicas para poder tratar con ellos y alcanzar de la mejor manera posible los fines educativos.

Un segundo problema es que el alumnado suele tener muchas dificultades a la hora de seguir la lectura de una partitura y visualizar mentalmente la forma de una pieza musical. El concepto

de forma musical suele resultarles algo muy abstracto y requiere para su correcta percepción, sin ayuda visual, de una entrenada memoria musical y una buena visión espacial.

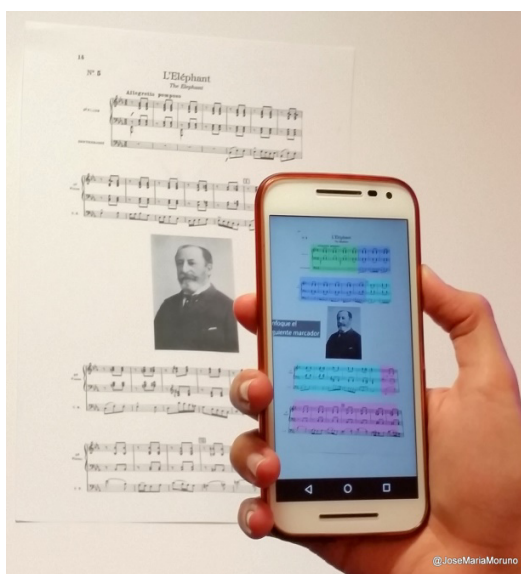
Por último, un tercer problema a tratar es conseguir motivar tanto al alumnado como al profesorado a usar aplicaciones en el aula, en este caso una app de realidad aumentada (a partir de ahora RA). Para ello, se deben conseguir apps que sean sencillas, rápidas y fiables. La RA en educación empieza a tomar presencia en las aulas y es ahora, con los móviles de última generación, cuando dicha tecnología puede convertirse en una realidad educativa.

Esta investigación va a centrarse en el estudio de una aplicación de RA para móviles y tabletas llamada “El Elefante”. Se analizarán tanto su utilidad como su diseño y sobre todo su potencialidad como herramienta para el aprendizaje musical, buscando perfeccionarla para futuras nuevas versiones y que por tanto, se considere una herramienta útil dentro del contexto del aula.

Más concretamente se trata de una app que fundamentalmente muestra la forma de una pieza musical mientras se escucha y se ve la partitura. Por tanto, básicamente ayuda a seguir una partitura y a su vez muestra qué forma tiene la pieza que oímos. Para ello, usa colores y dibujos, por ahora solo elefantes, para indicar por dónde vamos y ayudar a recordar las partes que se está escuchando. Dicha aplicación ha sido creada en 2015 en la Universidad de Sevilla en el Departamento de Educación Artística y el Departamento de Didáctica y Organización Educativa, fruto de una convocatoria para la producción de recursos de RA organizada por el SAV (Secretariado de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías de la Universidad de Sevilla).

Inicialmente, fue concebida para enriquecer los apuntes impresos de los alumnos de la asignatura de Formación Musical Básica del Grado de Educación Infantil dentro del bloque de contenidos relacionados con la forma musical. Sin embargo, la naturaleza de la aplicación en la que se incluyen ilustraciones, partituras y un musicograma, puede ser de utilidad para todos aquellos estudiantes de música o melómanos que quieran entender la forma musical de una obra.

Figura 1.1 Captura de pantalla de la app de RA "El Elefante"



Nota: Los distintos colores representan las distintas partes que constituyen la forma musical de la pieza.

A continuación, se van a identificar las necesidades de dicha aplicación de RA en el entorno educativo, para conseguir implementarla de la forma más eficaz posible. Con esta app se busca

básicamente que entiendan que las obras musicales tiene una forma y que puedan percibir y entender dicha forma musical de una manera clara y atractiva.

2. Marco teórico del proyecto.

2.1. La memoria: la forma y la lectura musical

La música no es arte inmóvil, como la pintura o la escultura, sino un arte que necesita del tiempo para tener sentido. “La idea de ritmo va unida en nuestra imaginación al movimiento físico” (Copland, 1976, p.60). Es, por tanto, necesaria la memoria para poder apreciarlo correctamente, de lo contrario sería un galimatías de sonidos sin lógica alguna. Uno de los elementos claves en la composición musical es el concepto de repetición. “La repetición en general es una característica de toda la música de cualquier tipo” (Middleton, 1990, p.139).

Dicha idea de repetición en música no se hace por capricho sino por necesidad, ya que el oído humano necesita oír varias veces algo para recordarlo mejor. Cuando se vuelve a escuchar algo que ya se ha oído antes y se reconoce, se produce una sensación placentera en el oído fruto de la seguridad que da reconocer algo que es familiar y no desconocido. De esta forma, saber cuándo ciertos eventos van a volver a pasar y ser capaces de predecirlos gracias a patrones tiene un gran valor como habilidad para la supervivencia de cualquier especie biológica (Snyder, 2000). Y en ese juego de pasajes repetidos de una u otra manera, como por ejemplo sería el desarrollo en la forma sonata o una obra basada en un tema con variaciones, es donde nace el concepto de forma musical. “La organización de la memoria y los límites de nuestra capacidad para recordar tienen un profundo efecto en cómo percibimos los patrones de los eventos y del propio tiempo.” (Snyder, 2000).

Curiosamente, si la apreciación de la forma musical requiere de la memoria, la memoria se ayuda de la música. Multitud de estudios recientes confirman que estudiar música mejora la memoria verbal (Jakobson, Lewycky, Kilgour y Stoesz, 2008; Forgeard, Winner, Norton y Schlaug, 2008; Moreno et al., 2009; Moreno et al., 2011). Con respecto a la mejora de la memoria visual, los estudios parecen demostrar que no hay mejoras significativas como sí ocurre con la verbal (Ho, Cheung y Chan, 2003; Roden, Kreutz y Bongard, 2012).

A su vez Snyder (2000) en su libro “Music and Memory. An Introduction” explica cómo la memoria se organiza. De esta forma, considera la existencia en un primer nivel de una memoria de eco o de procesamiento temprano, seguida de un segundo nivel con una memoria a corto plazo, que es donde se procesa el ritmo y la melodía. Y finalmente, un tercer nivel con una memoria a largo plazo que es donde se procesa la forma musical. Además, Snyder (2000) afirma:

“El estudio del tiempo en la psicología experimental se divide generalmente en tres subcampos que son habitualmente estudiados más o menos de forma independiente unos de otros (Block y Zakay, 1996):

1. *Duración*, el estudio de la experiencia y memoria de longitudes de tiempo.
2. *Sucesión*, el estudio de la experiencia y memoria de eventos ordenados en el tiempo
3. *Perspectiva temporal*, el estudio de la construcción lineal ordenada del pasado, presente y futuro y la forma en que un evento en particular ocurrido en un momento del tiempo se mueve a través de esas tres fases de la consciencia.

Cada una de estas áreas de estudio tiene implicaciones para el estudio de la forma musical.” (p.213)

Por lógica, mientras mayor es la duración de una pieza, más grande puede ser su forma y más complicado podría ser apreciar dicha forma sin ayuda, ya que requiere de más memoria para recordarla. Por otro lado, la sucesión de distintas melodías o frases son las que van creando la forma musical y por tanto, mientras mayor sea su número o más complejas sean dichas frases de reconocer, más difícil resultará evidenciar la forma de la pieza musical. Y, con respecto a la perspectiva temporal, hay que tener en cuenta que supone un especial esfuerzo recordar el momento en particular en el que algo ocurrió, por lo que resulta necesario tener un marco de referencia al que poder agarrarse para llegar a ese recuerdo (Snyder, 2000). De ahí la importancia de mostrar la forma usando colores y/o letras que permitan tener más marcos de referencia que solo el recuerdo sonoro.

El gran compositor norteamericano Aaron Copland (1994) explica el concepto de forma musical de la siguiente manera:

Casi todo el mundo distingue con más o menos facilidad las melodías y los ritmos, y aun las armonías, que el fondo estructural de una pieza de música un tanto larga (...). Una de las cosas más importantes que hay que buscar cuando se escucha conscientemente es el plan que liga toda una composición musical. La estructura en música no difiere de la estructura en otro arte cualquiera: es sencillamente, la organización coherente del material utilizado por el artista (...). La forma no puede ser más que el crecimiento gradual de un organismo vivo a partir de cualquier premisa que el compositor escoja. (p. 114,115)

Estas palabras de Copland no solo explican qué es la forma musical, sino que ponen de manifiesto la dificultad a la que se enfrenta todo oyente al intentar identificarla cuando está

escuchando una pieza musical. A su vez, el compositor y director de orquesta Leonard Bernstein (2002) afirmaba:

La estructura de una obra musical es una de las cosas más difíciles de entender. (...) Hay que tener en la cabeza todos los sonidos que ya se han escuchado mientras se escuchan otros nuevos, de forma que cuando la pieza se acaba, todo se ha sumado a una manera continua. (...) Si se conoce un poco de la forma *por anticipado*, por ejemplo, si sabes que la pieza va a tener una forma sonata, todo ese mucho más fácil porque casi puede predecirse qué modelos musicales van a usarse. (pp. 248,249)

En resumen, podemos afirmar que la idea de forma es un concepto abstracto que requiere tanto de memoria musical, como vimos anteriormente, como de capacidad de abstracción. Es, en ambos elementos, donde la aplicación objeto de estudio ayuda a su comprensión. Por un lado, se puede oír la pieza sin necesidad de saber entonarla o tocarla en un instrumento. Adicionalmente, añade unos gráficos con diferentes colores para identificar visualmente las distintas partes de la obra, ofreciendo marcos de referencia para así ver y entender mejor qué forma tiene.

El diccionario Harvard de música (Randel, 1999) define la lectura de una partitura como: “La plasmación interna del sonido de una obra por medio de una simple lectura de la partitura; también la interpretación al piano de una obra para conjunto escrita en formato de partitura”. Y para poder tener una partitura debemos usar una notación musical que requiere de un esfuerzo por parte del lector para poder codificarla e interpretarla. (Galera y Tejada, 2012) afirman: “La lectura musical es un tipo de percepción que implica la existencia de unas estructuras y esquemas musicales necesarios para que ésta tenga lugar. En la percepción lectora parece que

existen distintos niveles de procesamiento de la información.” (p.75). Por tanto, estamos ante un procesamiento cerebral complejo que aún hoy es objeto de estudio. Un estudio comparó la actividad cerebral de los músicos durante la lectura de partituras con la actividad cerebral cuando leían textos escritos o numéricos (Schön y Besson, 2002). Los resultados mostraron mayor actividad en determinadas zonas de cerebro cuando se leía música que cuando se trataba de lenguaje escrito o numérico, por lo que se pudo concluir que la lectura musical es más compleja y requiere de un mayor uso de nuestras capacidades cognitivas (Galera y Tejada, 2012).

Si no se sabe leer la notación musical, se puede tener una partitura mientras se escucha una obra pero no se va a ser capaz de determinar por qué pentagrama va sonando. Una persona sin conocimientos musicales, al no entender la notación de la partitura, no puede seguir sin ayuda la evolución de una obra musical en el pentagrama. Por tanto, necesita de un sistema que le vaya indicando qué parte de la partitura se está interpretando en ese momento. Con eso se consigue, no solo que se sepa por dónde va sonando la pieza sino que, además, se entienda la forma que ésta tiene. La aplicación “El Elefante” usa la RA para mostrar una línea por el pentagrama y unos elefantes de colores indicando al usuario la zona de la partitura que está sonando en un instante determinado. De esta forma, el usuario puede saber por qué parte de la partitura va la música y así saber, por ejemplo, si se va por el final o si aún no se ha llegado a la mitad. Esto ayuda, además, a visualizar mejor la forma musical que tiene la pieza, ya que se aprecia mejor tanto su longitud como sus posibles repeticiones.

2.2. Tablet as y móviles en la enseñanza

En los últimos años se ha producido una llegada cada vez mayor de móviles a las aulas. Si en el año 2008 en torno a un 65% (INE, 2008) de menores tenía móvil propio, en el año 2016 esa cifra llega de media al 70%, alcanzando un uso del 90% o más en niños de 14 y 15 años (INE, 2016). Y ahora, aunque en menor medida, empiezan a llegar también las primeras tabletas (Contreras, 2014). Dichos dispositivos están modificando la forma en que los alumnos se relacionan con su entorno en general y sus iguales en particular.

Se está en un momento único para poder conseguir que las nuevas tecnologías mejoren el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes al tener dispositivos ligeros, rápidos y totalmente familiares para los menores con la consiguiente ventaja a la hora de poder usarlos con comodidad en el aula y, posteriormente, también en casa. Por tanto, la sociedad actual está ante un gran cambio gracias a los móviles y tabletas. Rodríguez (2012) afirma:

La aparición de las tabletas digitales supone un punto de inflexión en la forma de acceder a Internet, en la portabilidad, en la conectividad sencilla, en la multifuncionalidad, en la consulta y en la generación de contenidos. (...) La tableta actúa también como un instrumento de alfabetización tecnológica dentro de la familia. (p.36)

Según el informe Policy guidelines for Mobilelearning de la UNESCO (2013):

Los dispositivos móviles facilitan el aprendizaje porque eliminan las fronteras existentes entre la educación formal y la no formal. Con un dispositivo móvil, los alumnos pueden

acceder fácilmente a material complementario para aclarar las ideas presentadas por un instructor en el aula. (p. 21)

Hoy, la llamada brecha digital se ha acortado, entendiendo por brecha digital el acceso a la información, al conocimiento y la educación mediante el uso de las nuevas tecnologías, ya que los alumnos son denominados nativos digitales. Sin embargo, son necesarias nuevas inversiones en software, en formación del profesorado, en potenciar la investigación y favorecer el acercamiento entre el mundo educativo y el mundo de la industria (Almenara, 2004). Por tanto, debemos trabajar para conseguir un correcto uso de las herramientas digitales y que con ello alcancen los alumnos mejores resultados académicos gracias a su buen uso.

Según el INE, el uso de ordenador entre los menores es prácticamente universal (94,9%), mientras que el 95,2% utiliza Internet. Por vez primera, el número de menores usuarios de Internet supera al de ordenador. Además, el 93,9 % de los menores de 15 años dispone de móvil (INE, Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares, 2016). Esto permite poder participar cada vez más de la filosofía BYOD (Bring Your Own Device) que supone una serie de ventajas frente a la tradicional entrega de ordenadores a los alumnos. Este término, originado en el mundo empresarial en 2009, supone que el trabajador de la empresa o en nuestro caso el alumno, trae su propio dispositivo a su centro de trabajo, en nuestro caso, el instituto o facultad. Al traer ellos sus propios dispositivos al aula, ellos son los responsables de cuidarlo, tratarlo y mantenerlo de la mejor forma (Espeso, 2016). Por tanto, se les hace responsable de su buen uso. El ahorro de costes y de tiempo para el centro es muy grande, ya que no hay que invertir en la compra de dispositivos ni emplear tiempo

para sacarlos de su lugar de almacenamiento y repartirlo entre el alumnado para luego tener que recogerlos y guardarlos en lugar seguro.

La llegada de dispositivos móviles está también cambiando la forma no solo de aprender música sino también de crearla. Manel Rives (2012) afirma:

Nuevas formas de generar música, nuevas formas de entenderse con la tecnología para hacer tuyos los sonidos que se generan, nuevas formas de expresarse sin conocimientos previos de algoritmos, notas musicales o instrumentos reales. La música al alcance de los profanos. Es un avance al que, quizás, no estemos prestando la importancia que se merece. Posiblemente se estén desdeñando, ahora mismo, aplicaciones musicales dirigidas a las tabletas que nos permiten simular con todo lujo de detalles una batería, un piano o un sintetizador, menospreciando las capacidades creativas de las personas que hacen uso de ellas con unos resultados que antes necesitaban de unos altos conocimientos musicales y de una preparación muy dura durante largos años. ¿Será esta una barrera formativa que también veremos caer? (p.15)

Según Serrano y Casanova (2016), la formación de los futuros docentes en las aplicaciones disponibles para móviles es fundamental para poder integrar dichos avances en el aula y así se muestra en su estudio. Desde el enfoque metodológico de la investigación-acción y usando la filosofía BYOD, muestran cómo al usar aplicaciones gratuitas, como Mypiano, Vibrafun, Walk Band, Drum Machine, Ensemble Composer o Beat Maker, consiguen no sólo formar mejor al futuro docente de música, sino motivarlo para enseñar mejor a sus alumnos. Al haber

experimentado ellos mismos dichos avances, les resulta mucho más fácil aplicarlo a sus futuros pupilos.

En conclusión, podemos afirmar que los móviles son ya una realidad en el aula según los últimos datos (INE, 2016) y su uso para la materia de música cada vez tiene más posibilidades. No solo está cambiando la forma de estudiar y aprender música sino también la forma de crearla, por lo que la formación del profesorado en estas materias es muy importante. Y se verá en el punto 2.4.4, muchos de los recursos creados para la materia de música con el empleo de RA pasan por el uso de los dispositivos móviles por parte de los estudiantes.

2.3. Realidad Aumentada

2.3.1 Concepto y dispositivos de RA y RV en el ámbito educativo.

La Realidad Aumentada es un paso más en la llamada Realidad Virtual (a partir de ahora RV). Si con la RV tenemos una nueva realidad artificial creada por el ser humano, con la RA lo que se tiene es una realidad artificial superpuesta a la realidad real que nos rodea. Según Sánchez y Ruiz (2013) :

La RA es entendida como el incremento de la realidad física mediante el uso de las técnicas que la mezclan con la realidad virtual. Así, la RA es un entorno que incluye elementos de los dos mundos (virtual y real), mantiene interacción en directo y se puede mostrar en tres dimensiones. (...) Pero lo que aporta la RA es una diferencia fundamental:

no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino que mantiene el mundo real que ve el usuario complementándolo con información superpuesta a la real. De este modo el usuario nunca pierde el contacto con el mundo real mientras puede interactuar con la información virtual (digital) superpuesta, obteniendo de esta forma una información adicional que no podría detectar directamente por otros medios.(p.123)

Por otro lado Kucuk, Yilmaz y Goktas (2014) afirman:

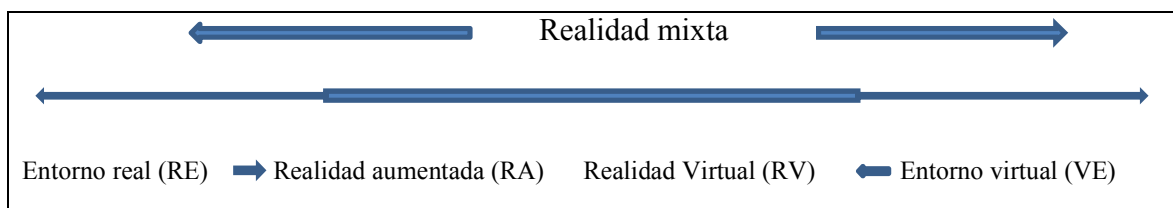
Un nuevo paradigma, el hecho de que es posible acceder a la información en cualquier lugar y en cualquier momento, lleva a los investigadores educativos a buscar formas de interactuar entre el entorno real y el mundo de la información digital. La Realidad Aumentada (RA), la cual nos da un gran entorno de interacción, fue desarrollada como una tecnología que permite la interacción entre la gente y la información. Esta tecnología tiene un gran potencial integrada en la educación. (...) Como otras muchas innovaciones educativas en el pasado, su implementación será entorpecida por imposiciones de colegios o por la resistencia entre profesores. (p.1)

Para entender mejor el concepto de RA y RV, (Milgram & Kishino, 1994)am (1994) usan un *continuum* donde por un lado está el entorno real (RE) y en el otro extremo, un entorno virtual (VE) (Cabero, et al., 2016, p.18). Entre ambos puntos, existe la llamada Realidad Mixta donde se encuentra tanto la RA como la RV. Así, el catedrático Don Julio Cabero (Cabero, et al., 2016) afirma:

La realidad mixta es cualquier espacio concebido dentro de los extremos de este continuo. Está referida tanto a la incorporación de objetos gráficos generados por ordenador en una

escena tridimensional del mundo real (realidad aumentada) como a la incorporación de objetos reales en un mundo virtual (virtualidad aumentada). (p. 19)

Figura 2.3.1.1 Continuum entre realidad y virtualidad.



Por tanto, y resumiendo, la RA permite una realidad mixta y de esta forma un enriquecimiento o alteración de la realidad física a tiempo real añadiendo una realidad artificial que puede incluir textos, audios, vídeos, urls y objetos en 3D. Además, permite una interacción con ella.

En una reciente entrevista al consejero delegado de Apple, Tim Cook (David Phelan, 2017), este afirmaba que la RA es algo excitante ya que, frente a la RV que se mantiene cerrada al mundo exterior, la RA permite a los individuos estar en el mundo presente e interactuar con él. Continúa afirmando que la idea de RA es tan grande como la idea de los *smartphone* y que dicha tecnología permitirá mejorar la vida de muchas personas.

Otra cuestión que se debe plantear es cuántos tipos de RA existen. Se puede clasificar o estudiar la RA en base a tres elementos: según el componente físico, según el componente virtual que genera o según su funcionalidad (Cabero, et al., 2016). En función de su componente virtual, se puede tener una RA que genere una imagen (en 2D o 3D), un sonido, un vídeo o una unión de

todo lo anterior. Según el componente físico, es decir, el activador o marcador se tienen cinco niveles:

- Nivel 0 de RA: El marcador es tan solo un código QR y no genera más que un hiperenlace a otro contenido pero no es en 3D.
- Nivel 1: El marcador es un patrón o dibujo en blanco y negro creado expresamente para ese propósito.
- Nivel 2: El marcador es ya una imagen a color o incluso una panorámica.
- Nivel 3: El marcador es un entorno en 3D o un objeto real, lógicamente también en 3D.
- Nivel 4: El marcador es una posición GPS, de tal forma que se activa la RA en el momento en que se sitúa el sujeto en un determinado lugar.

Figura 2.3.1.2 Nivel 0 de RA con un código QR



Fuente: De Esceptic0 - qrcode.kaywa.com, Dominio público,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9058675>

Figura 2.3.1.3 Nivel 1 de RA con un patrón visual hecho ad-hoc

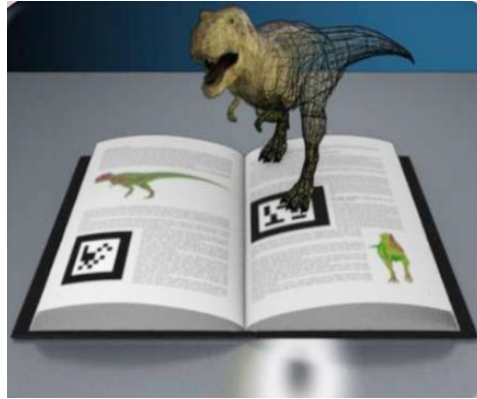
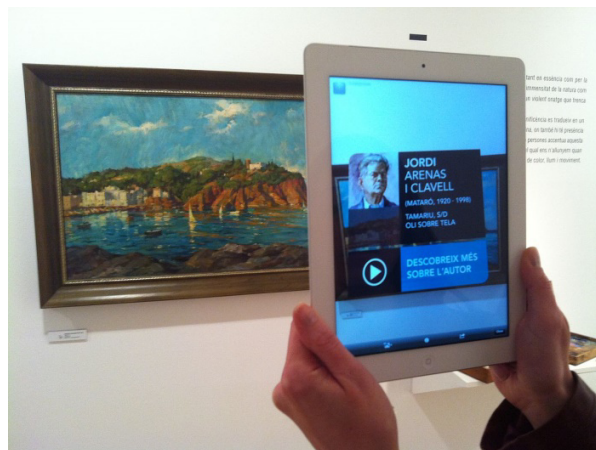


Figura 2.3.1.4 Nivel 2 de RA con una imagen en 2D



Fuente: Kippelboy

[https://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Augmented_reality_at_Museu_de_Matar%C3%B3_linking_to_Catalan_Wikipedia_\(18\).JPG](https://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Augmented_reality_at_Museu_de_Matar%C3%B3_linking_to_Catalan_Wikipedia_(18).JPG)

Figura 2.3.1.5 Nivel 3 de RA con un objeto real



Fuente: De ChristinaC. - Own work, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=53799413>

Figura 2.3.1.6 Nivel 4 de RA con GPS



Fuente: De Source (WP:NFC#4), Fair use,
<https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=51031262>

Finalmente, según algunos autores como Hugues, Fuchs y Nannipieri (2011) se puede clasificar la RA en base a la función que cumple y así, de esta forma, se contaría con una RA en

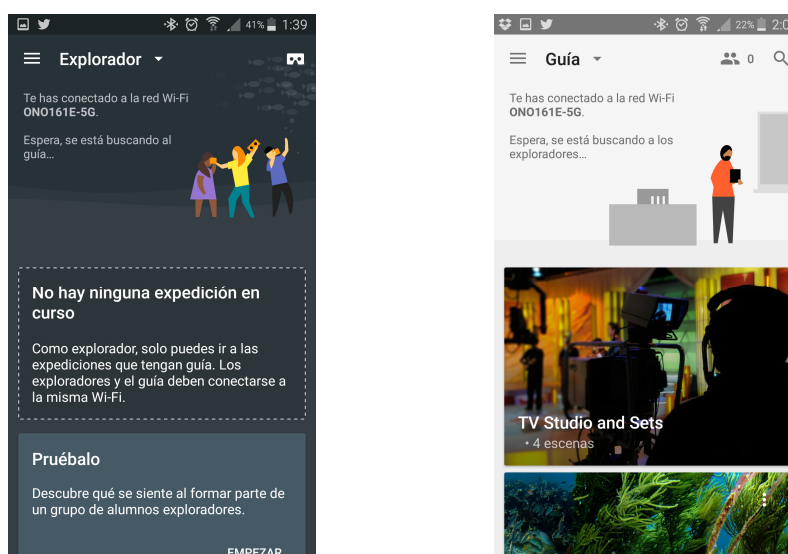
función del entorno que genera, creando un pasado, un futuro o una realidad imposible. Y por otro lado podemos tener una RA en función de la percepción que se tiene de ella.

Según el informe Horizon (Johnson et al., 2016) para la educación superior, la educación secundaria y la primaria, las tecnologías de RA y RV van a imponerse en el medio plazo, de dos a tres años. Para el corto plazo, indica que las tecnologías emergentes son BYOD (Bring Your Own Device) y las tecnologías de aprendizaje adaptativo. De esta forma afirma lo siguiente: “Tanto la Realidad Aumentada como la Virtual ofrecen aplicaciones de gran atractivo para la educación superior, al tener la capacidad de trasladar a los estudiantes a cualquier localización imaginable y de transformar la manera de recibir conocimiento, llevando a los estudiantes a adquirirlo de una manera profunda.”

La investigadora de tecnología Educativa en la Universidad Rovira i Virgili Mar Camacho es la autora principal de un estudio, en marcha desde hace tres años, para medir el impacto de los dispositivos digitales en el ámbito educativo. En un artículo publicado en El País, (Álvarez, 2016) la investigadora dice: “Hay alumnos que normalmente no participan en las dinámicas de clase y, sin embargo, se suman cuando se trabaja con tabletas digitales” (p.1). Durante el comienzo del curso 2016/2017, Camacho y su equipo han usado la RV por primera vez en un centro educativo de Madrid, el IES Cervantes. Para ello, han usado la última propuesta educativa de Google, las Google Cardboard de RV y la aplicación Expeditions, que permite al docente guiar a sus alumnos en expediciones con RV por cualquier lugar imaginable, desde el espacio exterior hasta el Partenón en Atenas. Entre las conclusiones, hay que destacar la necesidad de que el uso de estos dispositivos en el aula forme parte del proyecto de centro y no

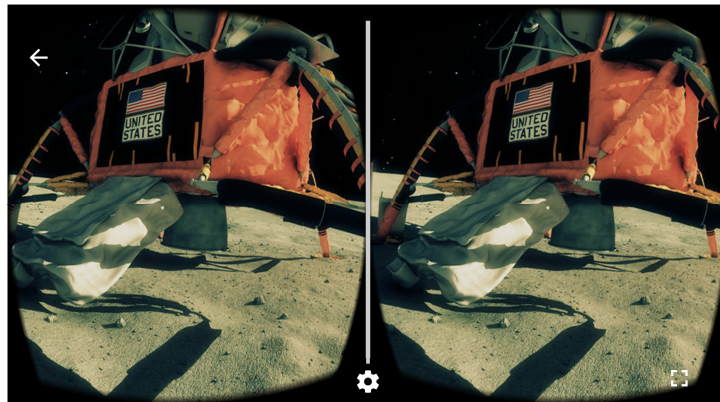
sea una iniciativa de un solo docente en su aula. Además, se evidencia con su uso un aumento de la motivación de los alumnos. A pesar de que se sabe que desarrollan competencias como la autonomía o el trabajo en equipo, se encuentra como principal limitación la falta de evidencias científicas, según Camacho, acerca de si estas nuevas tecnologías educativas ayudan a mejorar el rendimiento académico o no.

Figura 2.3.1.7 Capturas de pantalla de la app “Expediciones” de Google



Nota: En la primera captura se ve lo que se le muestra a los alumnos antes de empezar la expedición. En la captura segunda se ve lo que aparece en el dispositivo del docente para elegir a dónde llevar a sus alumnos.

Figura 2.3.1.8 Captura de pantalla de la app “Expediciones” en modo Cardboard



Nota: Paseo por la superficie lunar usando las imágenes del programa Apolo de la Nasa haciendo uso de las gafas de RV Cardboard de Google.

Figura 2.3.1.9 Cardboard de Google. Vista lateral

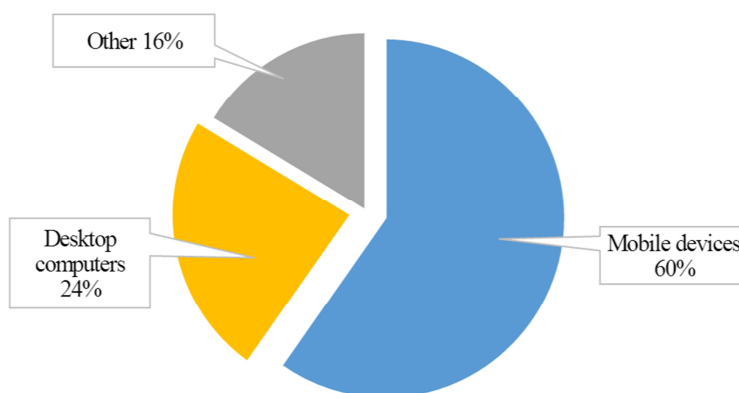


Figura 2.3.1.10 Cardboard de Google. Vista frontal



La educación y la RA ya son una realidad. “Está claro que la RA puede potencialmente apoyar el aprendizaje” (Akçayır y Akçayır, 2017) . Según mencionan estos autores en su estudio, el 60% de los dispositivos usados en educación con RA son dispositivos móviles como tabletas o *smartphones*, frente a un 24% de ordenadores (Gráfico 2.5.1.1). En el 16% restante entrarían otros dispositivos como las gafas de RA. Las limitaciones de los ordenadores son fundamentalmente su inmovilidad, mientras que en el caso de las gafas de RA su principal problema es su gran coste, como se detallará más adelante.

Gráfico 2.3.1.1 Distribución de los dispositivos usado en RA. (Akçayır & Akçayır, 2017)



Nota: Se puede observar cómo la mayor parte de los dispositivos usados (60%) son dispositivos móviles.

Gracias a los avances antes mencionados, se puede educar al alumno en cualquier momento y en cualquier sitio, y la RA es una gran ayuda para unir ese mundo real con el digital que le rodea. (Kucuk S. , 2014)

La RA aplicada a la educación se encuentra con un problema evidente de costes. Hacer una buena aplicación de RA es muy caro a día de hoy. Como dicen Peula, Zumaquero, Urdiales y Barbancho (2006):

En la actualidad existen muchos programas de ordenador que sirven de ayuda en la educación musical, pero muy pocos utilizan la Realidad Aumentada para conseguir un acercamiento a la música, de niños y jóvenes de forma rigurosa y amena. Esto es debido, sobre todo, al coste que supondría un sistema de estas características. (p.1)

Lo que ocurre es que si el entorno de aprendizaje no está bien diseñado en la aplicación, los estudiantes no estarán a gusto y esto llevaría a un detrimento en el aprendizaje, ya que los alumnos estarán muy poco comprometidos con su uso (Kucuk et al., 2014). Por tanto, se está ante un problema que conlleva la necesidad de crear aplicaciones que sean rentables económicamente, para poder tener una calidad fruto de una inversión de los beneficios obtenidos por su comercialización. Sin beneficios difícilmente puede haber mejoras continuas en las aplicaciones por lo que se quedan rápidamente obsoletas y olvidadas. Las aplicaciones necesitan mejorarse con el paso del tiempo gracias al *feedback* continuo de sus usuarios y para poder hacer esas mejoras mensuales es necesario contar con presupuesto para

pagar a los informáticos responsables. Es necesario emprender desde la Universidad y crear riqueza creando aplicaciones que puedan crear puestos de trabajo gracias a los beneficios que generan.

Si la creación de apps de RA puede ser cara, los dispositivos para poder disfrutar de ellas empiezan a no serlo. Las famosas Google Glass se han estado vendiendo por unos 500 euros, pero para la RV ya se tiene desde hace un par de años las Cardboard de Google. Dichas gafas son de cartón rígido, permiten conectar móviles de entre 4,5 y 6 pulgadas de pantalla y no superan los 10 euros (Yap, 2016). Con ellas se puede conectar el móvil y, tras descargarnos algunas aplicaciones gratuitas, adentrarse en una RV económica pero funcional.

Raths (2016) comenta cómo unos estudiantes y sus profesores han formado parte del Google Expedition Pioneer Program para probar las Cardboard de Google en clase con excelentes resultados. Tanto los alumnos como los docentes se han mostrado entusiasmados y han preguntado cómo podían conseguir las Cardboard para sus aulas. En este mismo artículo, Raths se pregunta por qué ahora vuelve la RA y la RV cuando desde hace un par de décadas se trabaja en ellas. Los motivos que expone son dos. Uno es el considerable coste que tenían los dispositivos hace unos años, lo cual hacía que difícilmente pudieran llegar a un aula. El segundo y contundente motivo por el cual no han tenido éxito la RV y la RA, en los años anteriores, es por la poca calidad de imagen que ofrecían los dispositivos tanto los más económicos como los más caros. El artículo termina preguntándose por qué la RV puede ser útil en un aula. A dicha pregunta contesta uno de los docentes que ha participado en el experimento afirmando que cada vez que quieren entrar a ver el interior de algo, como un

átomo, un campo magnético o el cuerpo humano, la RV les ayuda enormemente. Su potencial para recrear simulaciones es enorme. Actualmente, se puede solicitar, por parte de cualquier centro educativo, participar en la pruebas de Google Expedition Pioneer Program ya que están aún en beta y necesitan el *feedback* de los usuarios para mejorar sus aplicaciones y dispositivos.

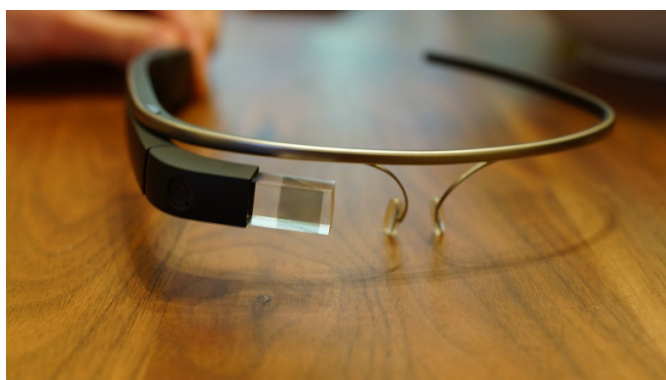
Ahora, con móviles con pantallas Full HD (1920×1080 píxeles) o incluso más resolución, el problema de la calidad de imagen es mucho más bajo, pudiendo disfrutar de una RA o RV mucho más realista que antes. Eso, unido a que las resoluciones de los *smartphones* no paran de mejorar al igual que ocurre con sus procesadores, lleva a la idea de que por fin la RV y la RA ha llegado para quedarse. Una prueba de ello es la compra multimillonaria por parte de Facebook en 2014 de la empresa Oculus VR, dedicada a la creación de gafas de RV.

Actualmente, la mayoría de los dispositivos móviles que se vende como *smartphones* cumplen con los requisitos necesarios para el uso de apps de RA ya que casi todos disponen de cámara. Aun así, además de los móviles, existen gafas de RA que permiten disfrutar de esta tecnología de una forma aún más inmersiva. Ahora se detallan algunos ejemplos de este tipo de gafas de RA.

El dispositivo más conocido de todos es el creado por Google: sus famosas Google Glass. Fueron creadas en 2013 y salió a la venta fuera de EEUU en 2014 por un precio en torno a los 1000€ (Google Glass, 2016). Tuvo una muy buena acogida, pero la venta se canceló en 2015. A pesar de ello, aún puede esperarse que Google saque próximamente nuevos modelos. Sus

aplicaciones educativas se han probado ya en varios campos como la medicina, retransmitiendo operaciones en tiempo real (Knight, Gajendragadkar, y Bokhari, 2015); o en aeronáutica, como ha hecho para formar a sus pilotos la escuela Adventia, centro adscrito a la Universidad de Salamanca (Adventia, 2014).

Figura 2.3.1.11 Google Glass. Vista frontal



De Tedeytan - Flickr, CC BY-SA 2.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25967770>

Otro ejemplo de gafas de RA son las creadas por Microsoft: las HoloLens. Según Noor (2016), esta tecnología, que permite a los usuarios ver y manipular hologramas introducidos en su entorno, promete romper las barreras entre el mundo físico real y el mundo virtual. Con dichas gafas se puede gesticular con las manos para abrir aplicaciones, aumentar o disminuir el tamaño de los objetos y arrastrar los hologramas en el propio entorno del usuario. Se han puesto a la venta en 2016 y su precio está en torno a los 3000\$.

Figura 2.3.1.12 Microsoft HoloLens. Vista trasera.



By Source (WP:NFCC#4), Fair use,
<https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=45178523>

Por otro lado, tenemos a la empresa norteamericana Magic Leap, startup de RA fundada en 2011 que lleva recaudados unos 1400 millones de dólares. Aún hoy no ha sacado a la venta ningún prototipo, pero su valoración según *Forbes* alcanza ya los 4500 millones de dólares (David M. Ewalt, 2016).

Por su parte la empresa Epson tiene su propio modelo de gafas de RA de nombre Moverio. Ya ha sido usada en el museo del cine de Milán e incluso en la Ópera Nacional de Japón para ponerle subtítulos mientras se representa en directo. Utiliza como sistema operativo Android para conseguir el mayor número de aplicaciones posibles por parte de los desarrolladores. Su precio de mercado es de 849€.

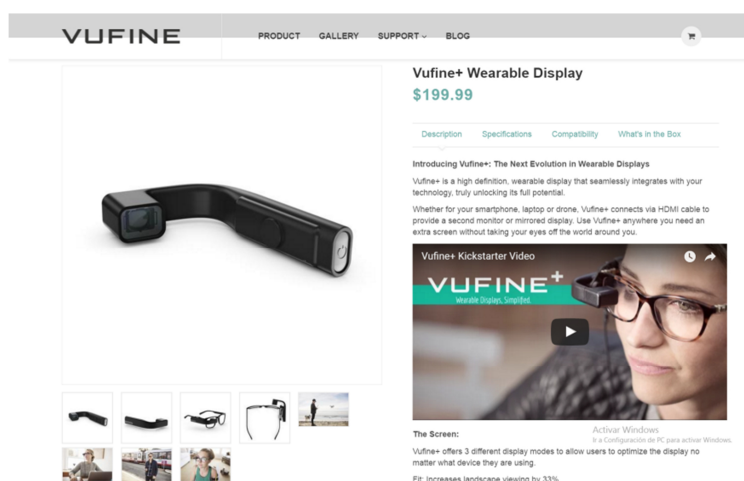
Figura 2.3.1.13 Gafas de RA Moverio BT-300 de Epson



Fuente: <https://moverio.epson.com/>

Una variante de las gafas de RA es Vufine+. Se trata de un complemento para cualquier tipo de gafas de ver. Se acopla a la patilla de las gafas y permite proyectar imágenes en el cristal. De esta forma cualquier gafa es susceptible de convertirse en unas gafas de RA. Para funcionar, debe estar conectada al móvil y su precio es bastante más bajo que el de las gafas de RA, en concreto 200\$.

Figura 2.3.1.14 Adaptador de RA para gafas Vufine+



Fuente: <https://store.vufine.com>

Ya, por último, mencionar dos ejemplos más de gafas de RA que están a la venta actualmente. Por un lado están las Meta 2 de la empresa de Silicon Valey del mismo nombre, con un precio de 949\$ y por otro lado, las Recon Jet Pro, de la empresa canadiense Recon Instruments con un precio de 599\$.

Figura 2.3.1.15 Gafas de RA Meta 2

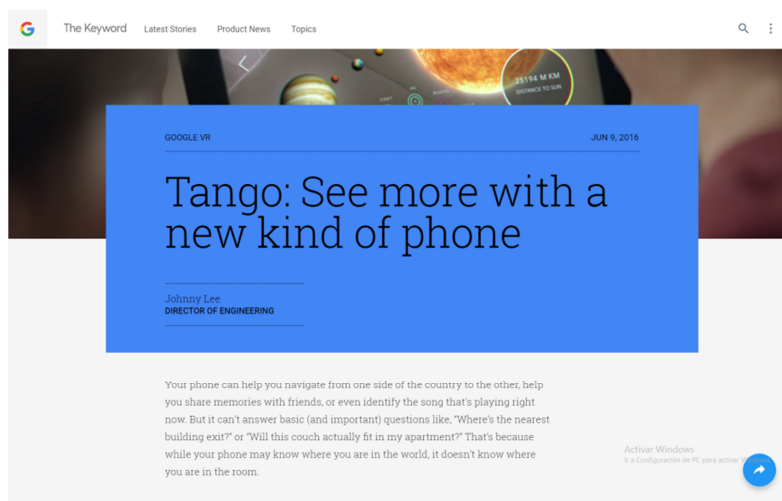


Fuente: <https://buy.metavision.com/products/meta2>

Básicamente, los dos inconvenientes más importantes de las gafas de RA en comparación con los smartphones son su coste y la escasez de software para poder sacarle partido. Es por eso que empresas como Microsoft y sus Hololens tengan una versión y precio especial para desarrolladores de software, a fin de que estos creen programas que hagan más atractivas las gafas a los potenciales usuarios.

Por último, comentar la plataforma de RA para smartphones creada por Google en 2016 llamada Proyecto Tango. Actualmente, solo funciona con los dispositivos Phab2 Pro de la marca Lenovo y con el Asus ZenFone, aunque se espera que vaya ampliándose su compatibilidad. El software busca principalmente mapear espacios en 3D y generar elementos en RA como por ejemplo, la visualización de muebles o electrodomésticos en una habitación. Pero, además, afirman en su web que también se pueden descubrir objetos virtuales en el entorno del usuario, como juguetes, planetas o mascotas, y jugar con ellos como si fueran reales.

Figura 2.3.1.16 Proyecto Tango de Google



Fuente: <https://get.google.com/tango/>

En conclusión, la RA es un paso más en el uso de la RV, como son las Cardboard de Google, en el aula ya que combina lo artificial con un entorno real. A su vez, los dispositivos más utilizados para generarla son los dispositivos móviles o *smartphones* debido a su reducido coste y gran consumo, frente a las aún caras gafas de RA.

2.3.2 Beneficios y limitaciones educativas de la RA

Como se ha comentado anteriormente, los distintos informes Horizon (Johnson, Adams, & Cummins, 2012; Johnson et al., 2016) indican cómo la RA estará cada vez más presente en centros educativos y universidades. A continuación, se indicarán cuáles son los beneficios que aporta esta tecnología y qué limitaciones tiene a día de hoy.

En opinión de Reinoso (2012), la RA en el ámbito educativo puede tener diversas aplicaciones como el aprendizaje basado en el descubrimiento, el desarrollo de habilidades profesionales, la creación de juegos educativos con RA, modelado de objetos 3D, la creación de libros con RA y todo tipo de materiales didácticos. “La Realidad Aumentada proporciona nuevos entornos para explorar, nuevos retos y nuevas formas de enseñar y aprender. Son muchos los beneficios que esta emergente tecnología puede aportar a la educación” (Reinoso, 2012, p.194)

En opinión de Vian (2011):

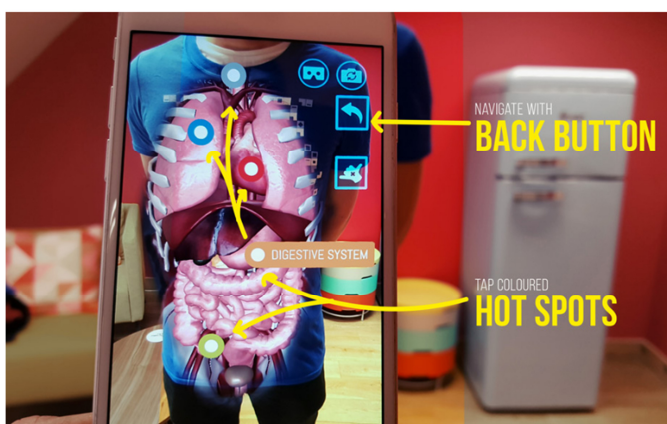
Para LabHuman (Instituto Interuniversitario de Investigación en Bioingeniería y Tecnología de Valencia), el sistema de RA ofrece a los alumnos por una parte, mejor entendimiento y visión de las asignaturas educativas más complejas y por otra parte, les dota de mayor motivación para el estudio. En cuanto al profesorado, el sistema se adapta a las necesidades pedagógicas que tengan. (p.103)

A la hora de estudiar los fundamentos psicológicos de la efectividad de la RA en educación Cabero et al. (2016) afirma:

Las tecnologías de RA permiten crear recursos o materiales para la formación cuya posibilidad de recuerdo y asimilación es superior a la que se deriva de la información que su componente digital presenta en la pantalla del dispositivo (tableta, *smartphone*, ordenador, *wearable*), e incluso mayor que la podríamos obtener si su componente físico fuera sustituido u obviado gracias a la construcción completa del recurso en formato digital. (p. 83)

La explicación a esa efectividad viene dada, según estos autores, por varias razones. Por un lado, afirman que el componente visual de la RA se ve potenciado por el componente espacial gracias al uso del 3D. Adicionalmente a dicho componente, tenemos la opción de manipular el objeto, lo que implica la intervención del sistema propioceptivo y la estimulación para el aprendizaje de destrezas motoras. Añaden que las experiencias de RA consistentes en ubicar los marcadores en lugares familiares o sobre una parte de su propio cuerpo (Figura 2.5.3.1) pueden ayudar a recordar más fácilmente el concepto estudiado.

Figura 2.3.2.1 Captura de pantalla de Curiscope.



Fuente: www.curiscope.com

Cabero, Llorente y Gutiérrez (2017) afirman que la RA se presenta como un apoyo y mejora de una variedad de enfoques pedagógicos, como por ejemplo:

a. Aprendizaje constructivista: mediante el uso de RA se motiva a los estudiantes a involucrarse de una manera más profunda con las tareas, conceptos y recursos estudiados a través del uso de superposiciones de información, permitiendo establecer conexiones más significativas y duraderas en lo que al conocimiento se refiere.

b. El aprendizaje contextual: el aprendizaje auténtico y contextualizado se posibilita mediante la incorporación de experiencias educativas en el entorno del mundo real, así como la introducción del mundo real en el aula.

c. Aprendizaje basado en juegos: los sistemas de realidad aumentada pueden usarse para facilitar el aprendizaje basado en juegos inmersivos creando una narrativa digital, colocando a los estudiantes en un rol, proveyendo recursos auténticos e incorporando información contextualmente relevante.

d. Aprendizaje basado en la investigación: ofreciendo un medio para recopilar electrónicamente datos para análisis futuros y proporcionar modelos virtuales situados dentro de un contexto real que son fácilmente manipulables. (p.2)

FitzGerald et al. (2013) analiza el estado del arte en RA y aprendizaje con dispositivos móviles. Afirman que los estudios demuestran que el uso de esta tecnología favorece el aprendizaje personalizado y aumentan la motivación. Además, es fácil de usar por niños pequeños y les resulta divertida. También, comentan como se está usando con fines educativos, con personas con discapacidad visual mediante dispositivos hápticos. Así, por ejemplo, el “Haptic

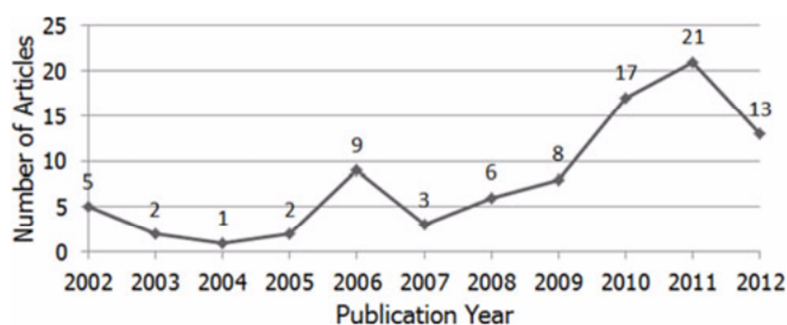
Lotus” (van der Linden et al., 2012) está basado en una flor de plástico con sensores de movimiento y posición, abriendo sus pétalos en una galería interior y dando un *feedback* háptico a sus usuarios.

Como limitaciones, FitzGerald et al. (2013) afirma que, a nivel tecnológico, algunos de los retos a superar son el acceso a internet y sus costes, la precisión de los GPS, la duración de las baterías de los dispositivos y la calidad de sus pantallas. Con respecto a los GPS, afirman que puede ser difícil trabajar con dispositivos móviles en ámbitos educativos cuando su precisión se mide en metros y no en centímetros. Por otro lado, a nivel pedagógico comentan que a veces los alumnos se pueden distraer con la novedad del dispositivo y olvidarse de los objetivos de aprendizaje y que, por tanto, se debe evitar que el aprendizaje se altere por adaptarse al dispositivo. También esa alteración del proceso de enseñanza aprendizaje puede venir por el excesivo tiempo que el docente puede llegar a emplear en poner a punto los dispositivos y conseguir que los alumnos lo usen, con el consiguiente retraso en la materia. El uso de estos dispositivos de RA en ámbitos geográficos o arquitectónicos puede hacer que los estudiantes no se preocupen por ser más observadores a la hora de interpretar su entorno, por lo que debe usarse con moderación y como un complemento para evitar que los alumnos no adquieran esas competencias. Finalmente, concluyen que viendo los estudios publicados, el empleo de la RA en educación con dispositivos móviles favorece el aprendizaje pero aún está en su infancia, por lo que queda por ver lo realmente efectivo que será su uso.

En el año 2014, se publicó un estudio sobre el estado de la cuestión en materia de RA y educación para los niveles K-12 equivalentes a nuestros niveles de infantil, primaria y

secundaria. En dicho estudio (Santos et al., 2014), encontraron 87 artículos de investigación sobre experiencias de aprendizaje usando la RA (ARLEs). De esos 87, un total de 43 artículos llevaron a cabo estudios de usuario y 7 de ellos permitieron el cálculo del efecto en el rendimiento de los estudiantes. Se puede apreciar en el estudio cómo repuntan al alza el número de artículos publicados a partir del año 2010.

Gráfico 2.3.2.1 Publicaciones de ARLE hasta Junio de 2012. (Santos et al., 2014)



De los estudios que realizaron mediciones sobre el rendimiento, las materias que trataban eran en dos de ellos de inglés (ambos en escuelas de primaria), y otro de habilidades de biblioteca, también en una escuela de primaria. En institutos, fueron dos estudios: uno de ellos sobre el arte en el Renacimiento y otro sobre gráficos cinemáticos. En universidades, también fueron dos: un estudio trató sobre el uso de la RA en el aprendizaje de colisiones elásticas y otro sobre habilidades espaciales. En todos ellos salvo en uno, en el estudio sobre las habilidades de biblioteca, los resultados mostraron mejoras en el rendimiento de los estudiantes, con un efecto medio de 0,56, tal y como se puede ver en la Tabla 2.5.3.1.

Tabla 2.3.2.1 Estudios de evaluación del rendimiento de los alumnos. (Santos et al., 2014)

| Ref. | Year | Content | Participant (Sample) | Control Group | Experimental Treatment | Effect (Average) | Size |
|------|------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|------------------|------|
| [58] | 2009 | English | Grade School, Teachers (67) | Printed material and audio material | AR situated learning around the campus | 1.00 | |
| [43] | 2010 | Kinematics graphs | High School (80) | didactic teaching | Physics props are annotated with measurements and graphs using AR. | 0.86 | |
| [63] | 2010 | Spatial ability | University students (49) | No spatial ability training using AR | With spatial ability training using AR | 0.70, (0.71) | 0.72 |
| [31] | 2012 | Renaissance art | High School (69) | Lecture with slides | AR annotated print out replicas of art pieces | 0.67 | |
| [56] | 2011 | Elastic collision | University students (36) | Non-AR instructional material | Collaborative AR learning wherein students simulate collision. | 0.33, (0.58) | 0.83 |
| [41] | 2011 | English | Grade School (Six classes) | Lecture using audiovisual data | AR learning using magic book | 0.37 | |
| [22] | 2012 | Library skills | Grade School (116) | Librarian teaches in the library | AR situated learning in the library | -0.28 | |

El metaanálisis realizado concluye que los efectos en el rendimiento dependen tanto de la manera de usar los recursos creados como del diseño experimental de los propios recursos, por lo que recomiendan probar los prototipos para medir su usabilidad y sus beneficios en el proceso de aprendizaje. Afirman que existe la necesidad de contar con cuestionarios válidos y confiables para medir las experiencias basadas en el uso de la RA (ARLE). Además, afirman que se deben realizar investigaciones sobre la visualización contextual y la visualización visual-háptica.

Según Prendes (2015), son necesarios más estudios cualitativos y/o cuantitativos para responder a cuestiones como cuál es nivel de RA al que mejor responden los alumnos o que dispositivos o aplicaciones de RA son las que generan mayores mejoras en el rendimiento de los alumnos. Estos estudios deben tener, por tanto, variables como edad de los alumnos, dispositivos, aplicaciones, conocimiento en el uso de las TIC de los alumnos, etc., con el fin de poder estudiar su utilidad en el aula.

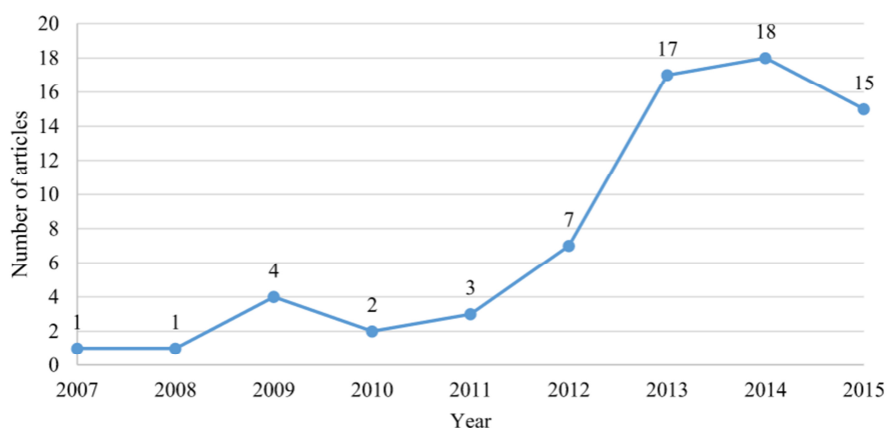
Por su parte la Universidad de Castilla- La Mancha realizó una investigación (Cózar G., Moya M., Hernández B. y Hernández B., 2015) con el objetivo de conocer la opinión sobre el uso de la RA en el campo de las ciencias sociales que tenían los alumnos de la facultad de Ciencias de la Educación de Albacete. Para ello, se siguió un enfoque de tipo mixto (cuantitativo y cualitativo) con una muestra de 23 alumnos. Para el enfoque cuantitativo, se utilizó un diseño no experimental descriptivo mediante encuesta, y para el cualitativo, un procedimiento de reducción de datos, categorización y codificación a partir de las respuestas a preguntas abiertas recogidas en el cuestionario. Como conclusiones, una mayoría de alumnos estaban de acuerdo o muy de acuerdo en que la RA favorece el proceso de enseñanza aprendizaje, motiva al alumnado y facilita la comprensión de los contenidos.

Cabero et al. (2017) realizaron un estudio con estudiantes de la Universidad de Sevilla para conocer su valoración sobre el uso de la RA en educación. Para ello, se cogieron estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación que cursaban la asignatura de “Tecnología Educativa” y “TIC aplicadas a la educación”. Se usó un cuestionario tipo Likert para conseguir información sobre tres dimensiones: aspectos técnicos y estéticos, facilidad de uso y guía elaborada para facilitar la comprensión del funcionamiento del objeto por los estudiantes. Tras el estudio, concluyeron que la utilización de objetos de RA en la formación universitaria despierta un gran interés por parte de los estudiantes, mostrando altos niveles de satisfacción y motivación. Los resultados avalaron los objetos de aprendizaje en RA, tanto desde el punto de vista estético como desde el técnico y el de la facilidad de uso. Además, aconsejan la utilización de una guía que facilite la comprensión del estudiante tanto de lo que va a encontrar como, también, sobre cómo debe instalar la app y cómo usarla. Consideran que esta tecnología es válida para su

incorporación al proceso de enseñanza-aprendizaje ya que los estudiantes universitarios tienen dispositivos móviles propios y un nivel de competencia digital suficientes como para usarlos sin dificultad. Finalizan comentando líneas futuras de investigación como por ejemplo, la producción de objetos de aprendizaje en RA en otras áreas de conocimiento diferentes a las usadas en su estudio.

En una reciente revisión de la literatura sobre RA usada en educación (Akçayır & Akçayır, 2017), se usaron factores como el año de publicación, niveles de enseñanza, tecnología de RA usada y las ventajas y retos en el uso de la RA, seleccionando un total de 68 artículos. Como se puede observar (gráfica 2.5.3.1), se ha producido un notable incremento de publicaciones en los últimos cuatro años. Esto muestra que esta tendencia debería continuar en los próximos años.

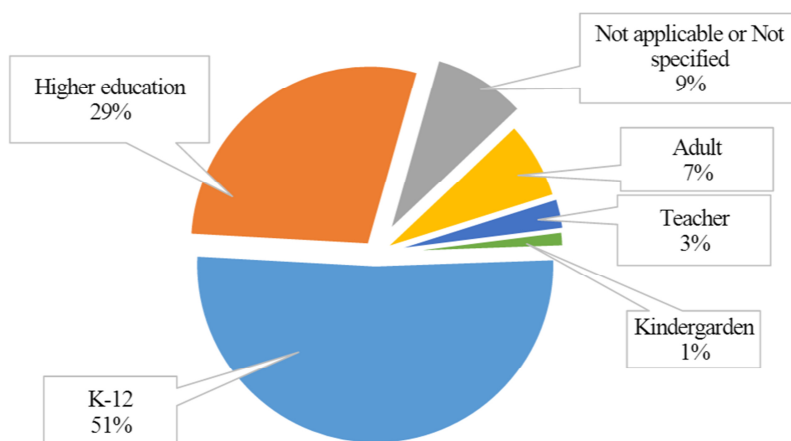
Gráfico 2.3.2.2 Publicaciones de RA y educación. (Akçayır & Akçayır, 2017)



Además, podemos observar cómo en su mayoría las publicaciones han sido en trabajos realizados a niveles de primaria y secundaria (K-12) con un 51% de los casos, seguido por los

trabajos realizados para estudiantes universitarios con un 29%. En el estudio, explican dicha diferencia en los porcentajes debido a la necesidad que tienen los alumnos de primaria y los adolescentes de usar sus sentidos para conocer. Otro de los motivos apuntados en el estudio es la preferencia de los adolescentes por los juegos con RA, lo cual puede ser usado como una oportunidad para llamar su atención a la hora de usar dicha tecnología con fines educativos. Solo un 7% de los trabajos de RA versan sobre educación de adultos, siendo su principal uso para el aprendizaje en entrenamientos técnicos. También, comentan la escasez de estudios sobre el uso de la RA con alumnos con necesidades educativas especiales.

Gráfico 2.3.2.3 Uso de dispositivos de RA. (Akçayır & Akçayır, 2017)



A su vez, han realizado una lista de los retos a los que se enfrenta la RA en educación. El más repetido en los trabajos analizados, es la dificultad de uso de los estudiantes, el cual aparece hasta siete veces (Tabla 2.5.3.2). Dicho problema puede causar una merma en la efectividad educativa de la RA, entre otros motivos, por la pérdida de tiempo que supone, por lo que se recomienda diseñar bien los sistemas a emplear y dar siempre unas completas instrucciones de

uso antes de empezar a usar los dispositivos. También, se comentan problemas como los errores que a veces produce el GPS y la baja sensibilidad al activar el reconocimiento de los marcadores de RA, lo cual genera frustración en los estudiantes. Otros problemas que se han encontrado mencionados en los trabajos pero en menor cantidad son la sobre carga cognitiva a la que se puede ver sometido el alumno, las distracciones que puede generar la RA, el precio de la tecnología, el gran tamaño que pueden llegar a tener los archivos que usa, problemas de ergonomía, la dificultad para diseñar materiales y la inadecuada preparación de algunos docentes. Concluyen su estudio afirmando que hay contradicciones entre los trabajos analizados, como algunos que hablan de sobrecarga cognitiva mientras que otros comentan una disminución de la misma. Igualmente, aparecen trabajos hablando de los problemas de uso y otros, en los que se comenta como ventaja su facilidad a la hora de ser usada por los discentes. Por tanto, son necesarios más estudios para clarificar estas contradicciones.

Tabla 2.3.2.2 Los retos en el uso de la RA en educación. (Akçayır & Akçayır, 2017).

The challenges in AR use within educational settings.

| Challenges | <i>f</i> | Sample research |
|--|----------|------------------------------|
| AR is difficult for students to use | 7 | Munoz-Cristobal et al., 2015 |
| Requires more time | 4 | Gavish et al., 2015 |
| Low sensitivity in triggering recognition | 4 | Chang et al., 2014 |
| GPS errors cause student frustration | 3 | Chiang et al., 2014a |
| Not suitable for large group teaching | 3 | Yoon et al., 2012 |
| Causes technical problems (camera, Internet, indoor use) | 3 | Chang et al., 2015 |
| Causes cognitive overload | 2 | Dunleavy et al., 2009 |
| Distracts students' attention | 2 | Chiang et al., 2014b |
| Expensive technology | 2 | Furió et al., 2013 |
| Large file size limits the sharing of content | 1 | Ke & Hsu, 2015 |
| Ergonomic problems | 1 | Chang et al., 2015 |
| Difficult to design | 1 | Chang et al., 2014 |
| Inadequate teacher ability to use the technology | 1 | Dunleavy et al., 2009 |

Con respecto a la procedencia de los estudios sobre RA y educación, el país que más trabajos ha realizado es Taiwán (22) seguido de España (12) y EEUU (9) (Chen, Liu, Cheng, & Huang, 2017).

En conclusión, podemos afirmar que el uso de la RA en ámbitos educativos va en aumento. Las principales ventajas son, entre otras, que permite un aprendizaje personalizado, facilita el conocimiento a través del descubrimiento y ayuda a asimilar conceptos en asignaturas complejas. Además, a nivel psicológico se ha visto cómo gracias a la capacidad que tiene la RA para generar entornos a explorar, los estudiantes mejoran su memoria y motivación. Como limitaciones, los estudios muestran que los más importantes son tres: por un lado los límites tecnológicos (coste de los dispositivos, velocidad, precisión de los GPS, baterías), por otro los posibles efectos en los alumnos si su uso les supone una distracción; y ya, por último, la necesidades formativas del profesorado para que su uso se haga con naturalidad sin suponer un retraso en el cumplimiento de la programación de sus respectivas materias.

2.3.3 Herramientas para crear contenidos educativos en RA

Muchos son los aspectos técnicos que subyacen a la hora de hacer funcionar una aplicación de RA. Así, tenemos desde los requisitos de los dispositivos hasta los distintos lenguajes de programación para el desarrollo del software de RA. Tal y como menciona Cabero et al. (2016) los requisitos van desde la posibilidad de ejecución y descarga de aplicaciones en el dispositivo hasta las existencia de cámara y sensores de posicionamiento. Por otro lado, también comenta

este autor en su libro que los lenguajes de programación más usados son fundamentalmente JAVA, C++ y Objective C, ya que son los habituales a la hora de crear aplicaciones para móviles.

Las herramientas para crear material en RA pueden incluir la necesidad de programación, como Vuforia, Unity, Metaio, etc., y pueden no necesitar que el usuario sepa programar. Considero que esta tesis no debe entrar en detalles técnicos sobre características de hardware o sobre lenguajes de programación para la creación de contenidos educativos en RA ya que el objetivo es que sea una tesis útil para cualquier docente sin conocimientos de programación. Por tanto, creo que resulta más práctico y necesario comentar herramientas pensadas para docentes que permiten crear materiales de RA.

Hay que distinguir entre aplicaciones educativas con RA y la creación de contenidos educativos de RA usando un software ya existente. En el primer caso, estamos hablando de apps autónomas y, en el segundo caso, se trata de usar aplicaciones genéricas de RA que permiten crear contenidos educativos. Para un docente carente de conocimientos informáticos resulta mucho más sencilla la segunda opción que crear su propia app de RA. Es por eso que la mayoría de experiencias con RA se basan en los programas informáticos que se van a mostrar a continuación. Pasamos a detallar ahora el software que actualmente está disponible para crear entornos de RA con fines educativos sin necesidad de ser informático o tener conocimientos de programación.

La empresa Aumentaty tiene una herramienta llamada Author que permite generar figuras en RA a partir de la cámara de nuestro dispositivo, para así crear libros de RA o ARbooks. Para eso,

seleccionamos un marcador de los muchos que tiene. Lo imprimimos y lo mostramos a la cámara. El software reconoce el marcador y pide que le asociemos un modelo en 3D de la biblioteca que tienen. Lo podemos modificar y, posteriormente, guardar. A partir de ahí, podemos publicarlo o compartirlas con otro usuarios y estos con una app que pueden descargarse, pueden ver dicho contenido en RA.

De esta manera, este software se usó para mostrar los planetas en RA a los escolares de Cuarto de Educación Básica en Ecuador (Carvajal & Tierra, 2016). Se obtuvieron ocho modelos en 3D de los planetas del sistema solar y se consiguieron visualizar en RA colocando marcadores en un folleto (digital o impreso) para los estudiantes de educación básica. Concluyeron que tanto los discentes como los maestros se sintieron más motivados al integrar esta tecnología en las aulas.

Figura 2.3.3.1 Captura de pantalla de Aumentaty Author

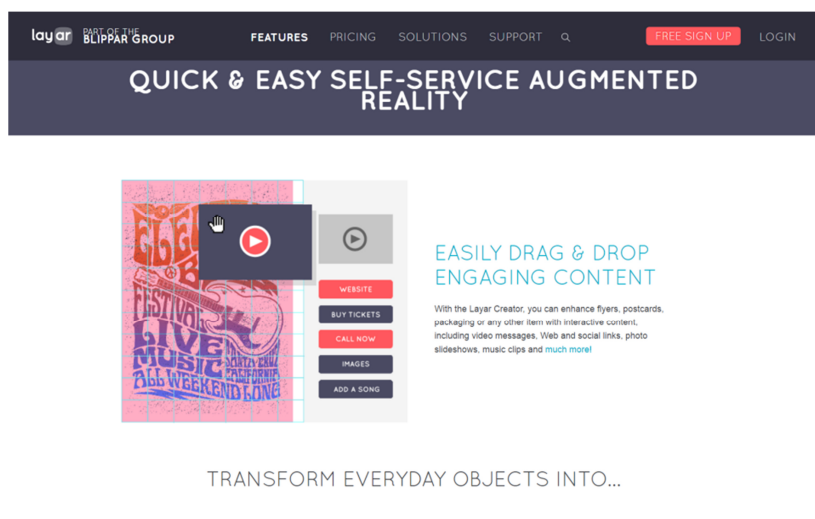


Fuente: <http://author.aumentaty.com/#>

Por otro lado, tenemos la empresa Layar. Al igual que la anterior, permite generar contenido en RA. Este contenido puede enlazar con casi cualquier cosa como mandar un email, descargar una app, abrir una web como por ejemplo un blog educativo, reproducir un vídeo, etc. Tiene una opción básica que caduca a los 30 días y una Pro (profesional) que dura un año y genera datos estadísticos de uso.

En la Universidad de Málaga (Martínez y Olivencia, 2016) usaron, entre otros, este software de RA para crear experiencias con estas tecnologías con los estudiantes de Didáctica General y Didáctica de las Ciencias Sociales. Fueron 105 estudiantes en total y emplearon seminarios formativos de dos horas en las mencionadas asignaturas durante el curso académico 2015-2016. Los objetivos de dicho estudio buscaban conocer las herramientas de RA para dispositivos móviles y ordenadores, el desarrollo de actitudes positivas ante esta tecnología y la adquisición de competencias de uso de estos recursos desde un punto de vista didáctico para su posterior empleo en su futura labor docente. Realizaron diversas experiencias, entre ellas usaron la aplicación Layar para la visualización de la capa de RA que se había superpuesto a la fotografía de la Alcazaba y el Teatro Romano de Málaga. Tras la realización de encuestas a estudiantes se constató la utilidad de esta tecnología para reforzar, amplificar y enriquecer nuevos formatos de escenarios de aprendizaje adaptados a las demandas del alumnado.

Figura 2.3.3.2 Captura de pantalla de Layar.



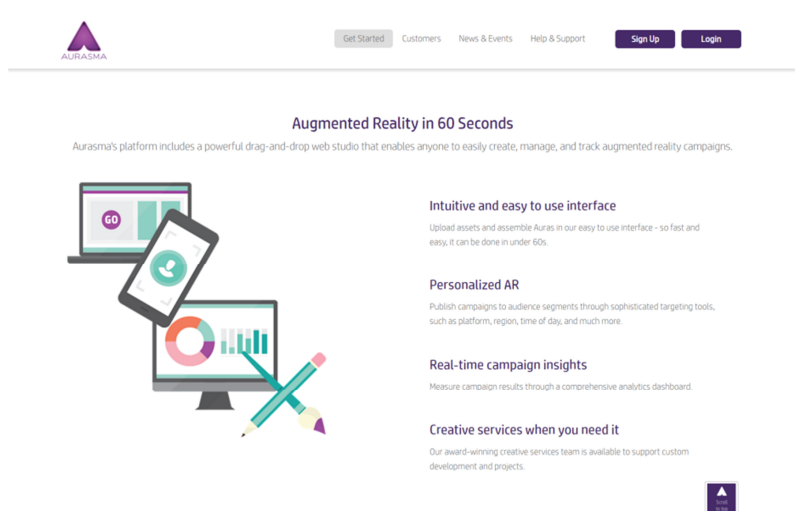
Fuente: <https://www.layar.com/features/>

Por su parte, la empresa Aurasma ofrece una plataforma que incluye un estudio web con la opción de arrastrar y soltar para así crear los contenidos de RA. Llamen a sus creaciones auras y de ahí el nombre comercial de la empresa. Para visualizar el contenido educativo generado en RA, basta con descargar la app Aurasma y enfocar a la imagen que enlazará con dicho contenido.

Dicha aplicación ha sido usada en la Universidad de Hawái (Ogawa, 2016) con el objetivo de aumentar el compromiso y retención de vocabulario de los estudiantes de inglés de segundo grado en una escuela primaria en Oahu. Se probó en una unidad didáctica durante tres semanas, complementando el vocabulario con vídeos e imágenes en RA generadas por Aurasma tanto en sus libros de texto como en las tarjetas de vocabulario (flash cards) creadas por el docente. Como limitaciones, menciona fundamentalmente la poca variedad que ofrece la biblioteca de Aurasma, lo que le supuso la necesidad de mejorar los vídeos y las auras creadas. Como conclusión, afirma

que su uso fue muy atractivo y divertido para los alumnos, mejorando sus habilidades con el vocabulario. Finalmente, afirma que intentará integrar más experiencias con RA en su centro educativo.

Figura 2.3.3.3 Captura de pantalla de Aurasma.



Fuente: <https://www.aurasma.com/get-started/>

Como ya se ha comentado, los ARbooks o libros de RA son una de las formas más sencillas de usar la RA en el contexto educativo. La empresa ARcrowd permite hacer esto de una forma muy sencilla. Además, estos libros de RA pueden compartirse y subirse a internet, de tal forma que los alumnos pueden acceder a ellos sin necesidad de tenerlos siempre imprimidos, aunque la forma más habitual de uso sea descargando el libro en formato pdf e imprimiéndolo. No necesita usar un dispositivo móvil para generar la RA, basta con tener una webcam a la que se conecta desde su página web donde tenemos el libro. Tan solo se ha de enfocar a la webcam la hoja que se quiera ver y aparece la RA en nuestro monitor. El estudio titulado “Evaluación del uso de la

realidad aumentada en la educación musical” (Liliana y Santoyo Díaz, 2017), que se comentará más adelante, en el subapartado sobre RA y educación musical, usa esta aplicación con éxito.

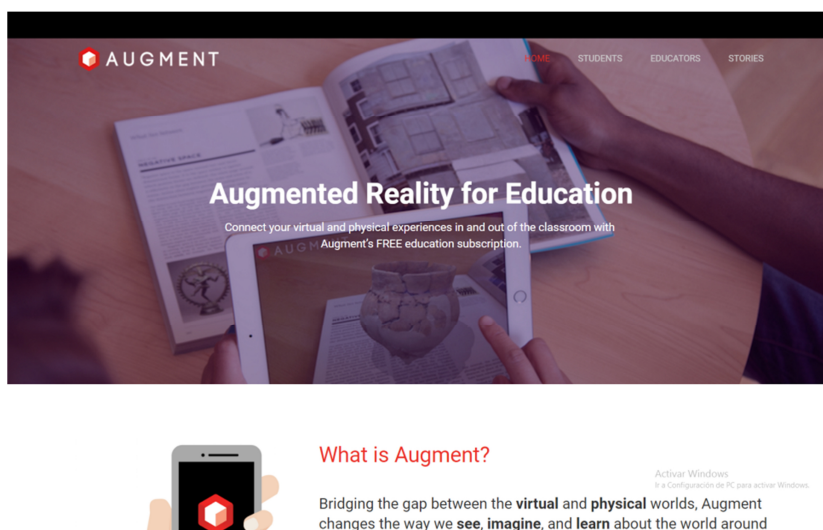
Figura 2.3.3.4 Captura de pantalla de ARcrowd.



Fuente: <http://arcrowd.com/>

Ya, por último, comentar la empresa Augment. Su plataforma y app de RA permite tanto a estudiantes como a docentes visualizar modelos 3D en tiempo real en un entorno también real, pudiendo modificar la escala. En su web hay dos apartados para docentes. Por un lado, se explica cómo sacarle partido a su software si se es docente de diseño en 3D, y por otro, se muestra cómo usarlo si se pretende generar presentaciones con RA para los alumnos. Además, incluyen un apartado adicional para que los estudiantes puedan usar la RA en sus proyectos o trabajos de clase.

Figura 2.3.3.5 Captura de pantalla de Augment.



Fuente: <http://www.augment.com/education/>

A su vez, son muchos los proyectos para la creación de contenidos educativos usando RA en contextos universitarios. Así, tenemos proyectos de RA (Cabero Almenara et al., 2016) como son el proyecto Magic Book en Nueva Zelanda, el proyecto LearnAR en Salamanca, el proyecto Mentira en la Universidad de Wisconsin-Madison, el proyecto Care desarrollado en el University College of London (UCL), el proyecto EDULOC en Barcelona, el proyecto AR.KEY en la Universidad de Valencia, el proyecto AR Sandbox de la Universidad de Davis en California y el proyecto Laboratorio de física con RA en la Universidad de Zaragoza.

Por su parte, la Universidad de Sevilla tiene su propio proyecto de RA, llamado proyecto RAUS, iniciativa del SAV (Secretariado de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías). Sus objetivos son fundamentalmente analizar y evaluar lo que esta tecnología puede aportar para

crear nuevas realidades mixtas orientadas a facilitar la comprensión de los conceptos y/o a recordarlos con mayor facilidad en el ámbito educativo, y fomentar el diseño y producción de contenidos de RA para aplicarlos en contextos de formación universitaria. Así, cada año se realiza una convocatoria para que los docentes de la Universidad de Sevilla que lo deseen puedan presentar proyectos para su desarrollo. El proyecto cuenta con su propia web en internet (<http://realidadaumentada.us.es>). Y es dentro de este proyecto universitario donde se creó en el año 2016, entre otras, la app “El Elefante”, objeto de esta tesis doctoral.

Figura 2.3.3.6 Web del proyecto RAUS.



Fuente: <http://realidadaumentada.us.es>

En resumen, podemos afirmar que existen ya diversas plataformas para crear contenidos en RA con fines didácticos. De esta forma, docentes sin conocimientos de programación pueden generar contenidos educativos en RA de sus respectivas materias y mediante el uso de dispositivos móviles en las aulas, conseguir que dichos materiales puedan ser usados dentro de

su centro educativo. Además, diversas universidades están creando materiales formativos con RA, como es el caso de la Universidad de Sevilla y su app objeto de estudio en esta tesis.